tijdschrift van het

nederlands elektronica- en radiogenootschap

deel 41 - nr. 4 - 1976

nederlands elektronica- en radiogenootschap

Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap
Postbus 39, Leidschendam. Gironummer 94746 t.n.v.
Penningmeester NERG, Leidschendam.

HET GENOOTSCHAP

Het Genootschap stelt zich ten doel in Nederland en de Overzeese Rijksdelen de wetenschappelijke ontwikkeling en de toepassing van de elektronica en de radio in de ruimste zin te bevorderen.

Bestuur

Lidmaatschap

Voor lidmaatschap wende men zich tot de secretaris. Het lidmaatschap staat -behoudens ballotage- open voor academisch gegradueerden en hen, wier kennis of ervaring naar het oordeel van het bestuur een vruchtbaar lidmaatschap mogelijk maakt. De contributie bedraagt fl. 45,--.

Studenten aan universiteiten en hogescholen komen bij gevorderde studie in aanmerking voor een junior-lidmaatschap, waarbij 50% reductie wordt verleend op de contributie. Op aanvraag kan deze reductie ook aan anderen worden verleend.

HET TIJDSCHRIFT

Het tijdschrift verschijnt zesmaal per jaar. Opgenomen worden artikelen op het gebied van de elektronica en van de telecommunicatie.

Auteurs die publicatie van hun wetenschappelijk werk in het tijdschrift wensen, wordt verzocht in een vroeg stadium kontakt op te nemen met de voorzitter van de redactie commissie.

De teksten moeten, getypt op door de redactie verstrekte tekstbladen, geheel persklaar voor de offsetdruk worden ingezonden.

De abonnementsprijs van het tijdschrift bedraagt f 45,--. Aan leden wordt het tijdschrift kosteloos toegestuurd.

Tarieven en verdere inlichtingen over advertenties worden op aanvrage verstrekt door de voorzitter van de redactiecommissie.

Redactiecommissie

DE EXAMENS

De examens door het Genootschap ingesteld en afgenomen zijn:

a. op lager technisch niveau:"Elektronica monteur NERG"
b. op middelbaar technisch niveau: Middelbaar Elektronica Technicus NERG"

Brochures waarin de exameneisen en het examenreglement zijn opgenomen kunnen schriftelijk worden aangevraagd bij de Administratie van de Examencommissie.

Voor deelname en inlichtingen wende men zich tot de Administratie van de Examencommissie NERG, Genemuidenstraat 279, den Haag, gironummer 6322 te den Haag.

Examencommissie

FREQUENZANALOGE MESSSYSTEME

Dpl. Ing. G. Schröder
Forschungslaboratorium, Philips, Hamburg

Die heutigen rechnergesteuerten Prozessführungssysteme entstanden ursprünglich durch die nachträgliche Hinzufügung von Rechnern zu schon vorhandenen, prozessgebundenen Mess- und Regelungssystemen. Daher galt es als selbstverständlich, die zu steuernden oder zu regelnden Prozessgrössen als spannungs- oder stromanaloge elektrische Signale zu übernehmen, wobei man sich häufig der Analog-Digital-Umsetzer zur Digitalisierung bediente. Beginnt man dagegen mit der Planung eines rechnergesteuerten Gesamtsystems bei "Null", so liegt es nahe, eine elektrische Signalform zu wählen, die möglichst störfest und entweder schon von Ursprung her digital oder zumindest besonders leicht zu digitalisieren ist. Den Umweg über spannungs- oder stromanaloge Signale würde man dann gar nicht erst gehen. So gesehen, erscheint die nachfolgend beschriebene Technik der frequenzanalogen Prozessführungssysteme die natürlichste und daher selbstverständlichste Lösung zu sein.

1. Konventionelle Prozessführungssysteme

Durch die entwicklungsbedingte, erst nachträgliche Hinzufügung des Prozessrechners an schon vorhandene, analoge Instrumentierungskonzepte (1) hat sich das in Bild 1 gezeigte Prozessführungskonzept herausgebildet. Mit ihm versucht man, alle mit der Automatisierung zusammenhängenden Teilaufgaben zu lösen. Seine Funktion soll im folgenden kurz beschrieben werden:

Die analogen Messwerte gelangen über parallele Signalleitungen zur Prozesswarte; dort werden sie digitalisiert und im Rechnerspeicher abgelegt. Das Rechnerprogramm verknüpft sie nach aufgabenspezifischen Algorithmen mit vorgegebenen Eingabedaten. Als Ergebnisse stehen Informationsdaten, Sollwerte, Parameterwerte oder Stellgrössen zur Verfügung; diese werden - wiederum auf parallelen Kanälen - entweder direkt zu den Ausgabegeräten geleitet oder in Analogwerte umgewandelt und dann den Reglern und Stellgliedern zugeführt.

Der Prozessführung mit Rechnern liegen somit mehrere Aufgabenkategorien zugrunde:

1. Messwerterfassung und -verarbeitung (z.B. Speicherung, Filterung, Skalierung, Grenzwertkontrolle, Alarme usw.).
2. Prozessablaufsteuerung
3. Prozessregelung u.a.
   - 3.1. DDC (Direct Digital Control)
   - 3.2. SSC (Supervisory Setpoint Control)
   - 3.3. DDC mit adaptiven Regelalgorithmen zur optimalen, vom Arbeitspunkt unabhängigen Prozessregelung.

Diese typischen Aufgaben lassen sich mit unterschiedlichem Ergebnis von dem beschriebenen Prozessführungsystem erfüllen:

Zu 1: Durch Einsatz präkziser Messwertaufnehmer kann man die Messwerte mit befriedigender Genauigkeit erfassen. Jedoch stellen der Messstellenumschalter und

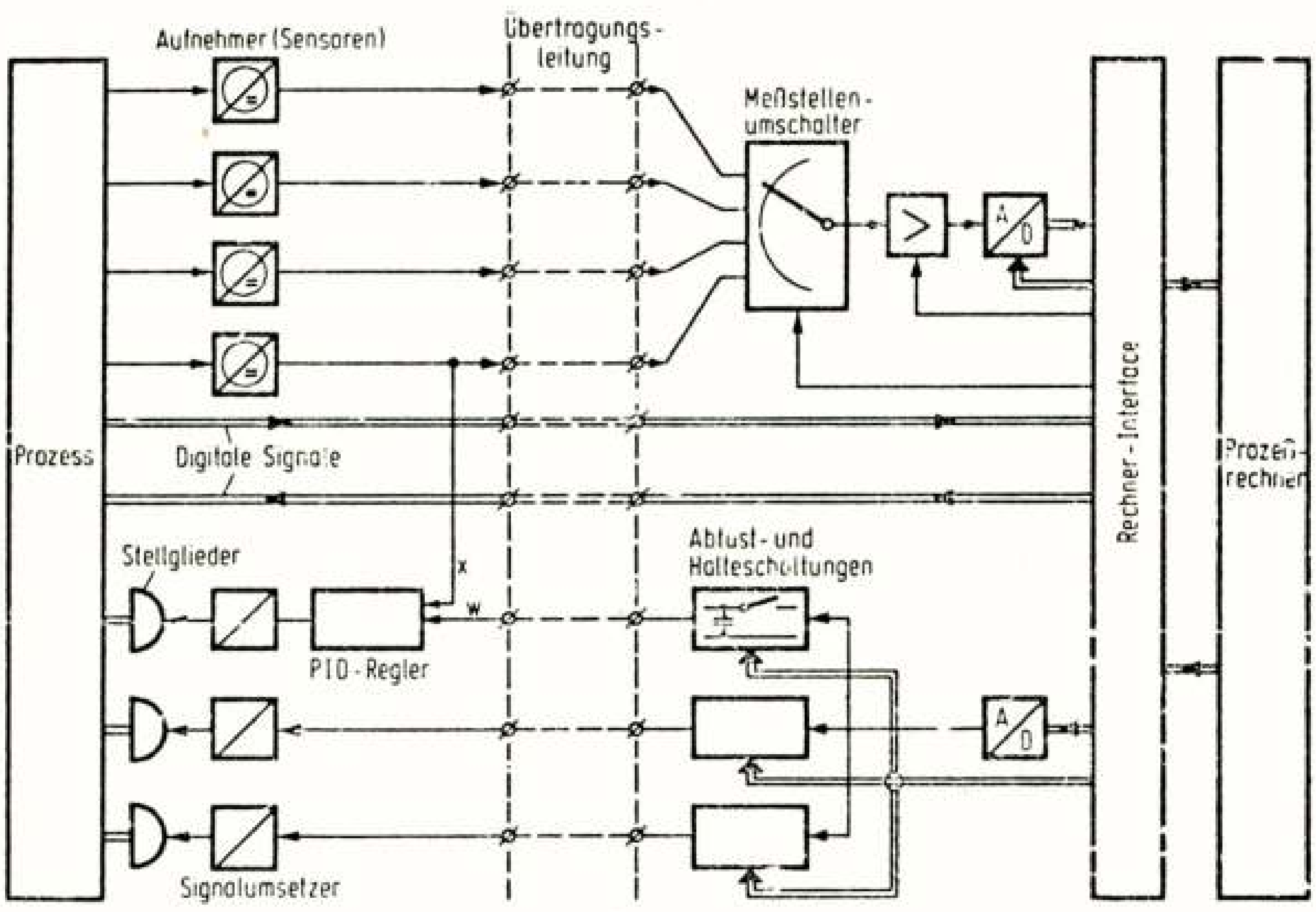


Bild 1. Konventionelles Prozessführungssystem

der A/D-Umsetzer sehr kritische Glieder dar. Den analogen Signalen können zich zudem, insbesondere auf langen Übertragungsstrecken, Störungen überlagern, die sich nur schwer wieder herausfiltern lassen. Die vielen parallelen Übertragungskanäle verursachen grosse Investionen. Die Konzentration vieler elektrischer Teilgeräte an einem Ort (z.B. Messwerte) bereitet bei umfangreichen Systemen Schwierigkeiten. Die A/D-Umsetzung wird u.U. mit einer im Verhältnis zur Prozessdynamik relativ geringen Wiederholungsrate ausgeführt.

Zu 2: Prozessablaufsteuerungen lassen sich ohne Schwierigkeiten mit guten Ergebnissen realisieren.

Zu 3: Prozesse mit bekannten bzw. festen Regelkreisparametern können im allgemeinen problemlos nach dem DDC-Verfahren geregelt werden; aus Gründen der Betriebssicherheit, Übersichtlichkeit usw. zieht man aber häufig "SSC" vor, d.h. der Rechner gibt den lokalen Reglern des Prozesses ihre Sollwerte vor. Die oft proklamierten adaptiven Regelmethoden mit on-line-Indentifikation, Reglerstruktur- und Reglerparameterumschaltung, erlauben zwar eine echte Optimierung, erfordern jedoch eine aussergewöhnlich hohe Rechengeschwindigkeit. Dies liegt an der seriell-iterativen - und damit zeitraubenden - Arbeitsweise von Prozessrechnern, die sich besonders bei der Lösung von Differentialgleichungen bemerkbar macht. Man setzt daher manchmal für jede Regelkreisoptimierung je einen Kleinrechner ein. Damit steigen der Hardware- und der Software-Aufwand des Gesamtsystems erheblich.

Die Ausgangssignal-Umsetzung ins Analoge und die Übertragung zu den Reglern bzw. Stellgliedern sind natürlich mit ähnlichen Mängeln behaftet wie auf der Messseite.

Diese kritische Betrachtung zeigt, das wichtige Prozessführungsaufgaben heutzutage nur unbefriedigend gelöst werden können. Dies liegt weniger an mangelhaften Geräten, als an dem einmal zugrundegelegten Konzept.

2. Alternativsystem mit frequenzanaloger Signaldarstellung

Benutzt man als Signalträger für die Prozessvariablen nicht die Amplitude (Spannung oder Strom), sondern die Frequenz, so läst sich ein frequenzanaloges Prozessinstrumentierungssystem aufbauen (Bild 2), das vielerlei technische Vorteile gegenüber dem konventionellen Instrumentierungssystem aufweist (2...4):

1. Frequenzanaloge (d.h. frequenzmodulierte)Signale sind weitgehend unempfindlich gegen äussere elektrische Störungen, denen sie insbesondere auf langen Übertragungswegen ausgesetzt sind. Der gewinn an Störbefreiung, verglichen mit ausschlagsanalogen Signalen, ist durch den Faktor $\Delta f/f_g$ (Δf_g= Frequenzhub, f= in der Prozessgrösse enthaltene Signalfrequenz) gegeven und kann den Wert 100 übersteigen.

2. Leitungsparameter und alterungs- bzw. umweltbedingte Veränderungen von Bauelementen haben kaum Einfluss auf die Genauigkeit von System-Bestandteilen.

3. Die Digitalisierung (Demodulation) frequenzanaloger Signale bereitet heutzutage wegen des vielseitigen Angebots an höher integrierten Digitalbausteinen keine Schwierigkeiten. Das geringe Bauvolumen und die Preiswürdigkeit der dafür einzusetzenden Zählschaltungen erlauben eine parallele Digitalisierung der Prozessvariablen, d.h. man ordnet jedem Kanal eine eigene Digitalisierungseinheit zu. Dies hat eine Verbesserung des Rechnerzugriffs zu aktuellen Daten, der Übersichtlichkeit und

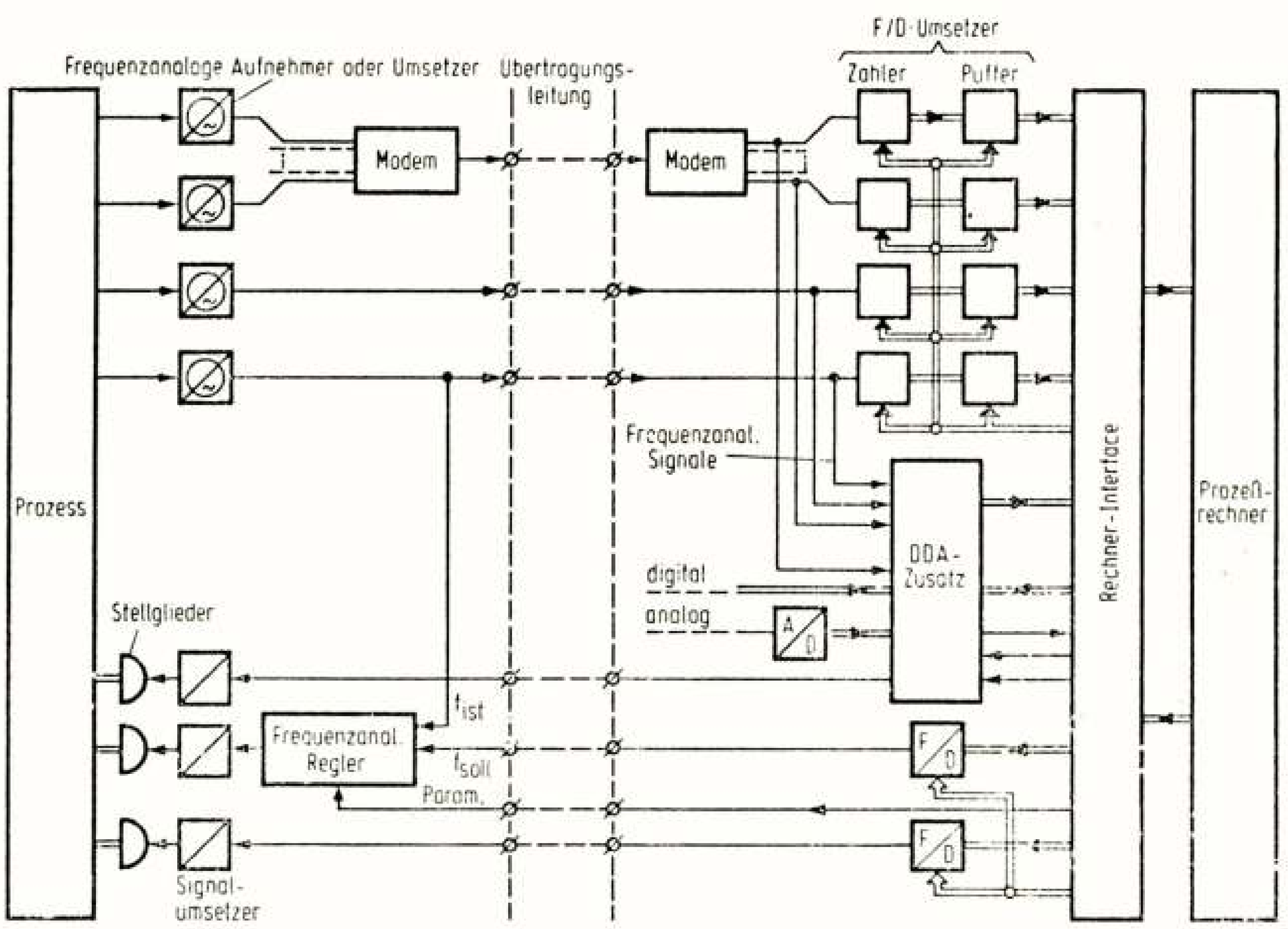


Bild 2. Frequenzanaloges Prozessführungssystem

der Zuverlässigkeit zur Folge. Im Gegensatz zur A/D-Umsetzung entstehen bei der F/D- Umsetzung (Frequenz/Digital-Umsetzung) stationärer Signale keine zusätzlichen Digitalisierungsfehler ausser den typischen Torfehlerr die sich noch durch interpolierende Messung vermeiden lassen. Die Digitalisierung durch Auszählen hat die Wirkung einer Tiefpassfilterung. Dies ist für die Unterdrückung von Störsignalen vorteilhaft. Um eine unerwünschte Beeinträchtigung der Prozessdynamik durch diese Filterung zu vermeiden, muss die Auszählperiode natürlich genügend klein sein gegenüber der Periodendauer des höchstfrequenten Spektralanteiles der betreffenden Prozessgrösse (Abtasttheorem).

4. Viele Prozessvariable lassen sich direkt als frequenzanaloge Signale erzeugen, manche sogar erheblich genauer als auf analoge Weise (Drehzahl, Durchfluss) häufig ist eine Frequenz selbst Prozessvariable und braucht dann natürlich nicht umgesetzt zu werden.

Aus diesen technischen Vorzügen ergeben sich unmittelbar folgende wirtschaftliche Vorteile:

Es können preiswerte, ungeschirmte Vielfachkabel verwendet werden. Frequenzmultiplexverfahren (im Bild 2 durch die Blöcke "Modem", Modulation-Demodulation, symbolisiert) können empfohlen werden, denn sie lassen sich für frequenzanaloge Signale einfacher und preiswerter realisieren als für analoge Signale. Bei kürzeren Übertragungsstrecken sind aber Vielfachkabel mit einfach ausgenutzten Aderpaaren wirtschaftlicher und u.U. auch zuverlässiger.

Die grössere Zuverlässigkeit (durch Fehlen der empfindlichen Messstellenumschalter, der Abtast- und Haltekreise usw.) erspart Wartungs- und Ausfallkosten.

3. Die Bausteine frequenzanaloger Prozessinstrumentierungssysteme

Um die Vorteile der frequenzanalogen Signaldarstellung konsequent nutzen zu können, müssen alle für ein Instrumentierungssystem notwendigen Bausteine verfügbar sein. Tabelle 1 stellt eine - natürlich nicht vollständige - Auswahl von Instrumentierungssystem-Bestandteilen dar, die jetzt schon verfügbar sind oder sich in der Entwicklung befinden. Sie ist untergliedert in Aufnehmer, Umsetzer, Stellglieder, Regler und Rechner.

Tabelle 1.
Bestandteile frequenzanaloger Instrumentierungssysteme

aufnehmer	*Arbeitsweise, Hilfsmittel*
Verlagerungsaufnehmer	über Induktivitätsverstimmung
Kraftaufnehmer	mit schwingender Blattfeder
Geschwindigkeitsaufnehmer	z.B. Impulsgeber oder Drehfeldsysteme
Durchflussmesser	nach dem Ovalrad- oder Turbinenprinzip
Frequenz	als selbständige Messgrösse
Umsetzer	*Arbeitsweise, Hilfsmittel*
Widerstands-Frequenz-Umsetzer	harmonischer oder Relaxationsoszillator
Spannungs-Frequenz-Umsetzer	Relaxationsoszillator
Kapazitäts-Frequenz-Umsetzer	Relaxationsoszillator
Frequenz-Digital-Umsetzer	Zählprinzipien
Digital-Frequenz-Umsetzer	Einstellbare Teilung einer Taktfrequenz
Stellgrössen-Umsetzer	z.B. Frequenz-Druck usw. (vgl. Stellglieder)
Stellglieder	
Schrittmotore	
Stromrichter: Wechselrichter, Gleichstromsteller	
Geregelte elektrische Antriebe	
Regler	
(Verwendungszweck: Einzelregler, "back-up"-Regler)	
Digitale Sollwertvorgabe	
Frequenzanaloge Sollwertvorgabe: verallgemeinertes "Phase-lock"-Prinzip	
Rechner	
Digitalrechner	
DDA-Rechner	

Die Aufstellung der Messwertaufnehmer(Sensoren, Fühler) zeigt, dass es für viele wichtige Prozessgrössen Aufnehmer mit unmittelbarer Umsetzung in eine Frequenz gibt Problematisch hierbei ist jedoch, dass diese Aufnehmer häufig nicht für alle Messbereiche zur Verfügung stehen, gewissen technischen Anforderungen wie Dynamik, Genauigkeit, Robustheit usw. nicht genügen oder zu teuer sind. Zukünftige Arbeiten auf dem Gebiet der frequenzanalogen Prozessinstrumentierung müssen sich daher zielbewusst mit der Untersuchung der Aufnehmer befassen. Die Ergebnisse werden natürlich allen rechnergeführten Instrumentierungssystemen zugute kommen.
Sollen Prozessvariable erfasst werden, für die keine unmittelbare Umsetzung in eine Frequenz möglich ist, so können konventionelle Analogaufnehmer mit Signalumsetzern kombiniert werden. Dieser Weg ist sehr aussichtsreich, denn viele bewährte Aufnehmertypen lassen sich mit Umsetzerschaltungen zu einer vorteilhaften Einheit verschmelzen. Beispiele hierfür sind Schaltungen mit Dehnungsmessstreifen, Halbleiterthermometern, Feldplatten usw. Die Arbeiten an Aufnehmerproblemen reichen daher in das Gebiet der Umsetzer hinein.
Frequenz-Digital-Umsetzer und Digital-Frequenz-Umsetzer stellen die Koppelelemente zwischen Rechner und Übertragungsstrecke dar. Neben der eigentlichen Signalumsetzung besteht auch die Möglichkeit einer Skalierung. Skalierungsbeiwerte können vom Rechner vorgegeben werden.
Viele Stellglieder arbeiten inkrementell oder sind als Schaltverstärker ausgeführt. Es ist daher prinzipiell nicht schwierig, sie in ein frequenzanaloges Instrumentierungssystem einzupassen. Dies gilt - wie die Tabelle zeigt - insbesondere für elektrische Antriebe und Stromrichter. Falls es unumgänglich ist, ein Stellglied mit einem Analogsignal anzusteuern, so kann auch hier ohne weiteres ein Umsetzer eingesetzt werden.
Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, selbständige Regler in einem Prozessinstrumentierungssystem beizubehalten. Für frequenzanalog gemessene Prozessvariable bieten sich Regler mit digitaler oder frequenzanaloger Sollwertvorgabe an; sie lassen sich überwiegend mit Bauelementen der Digitaltechnik realisieren. Sie bieten gegenüber analogen Reglern eine Reihe von Vorteilen, wie z.B. keinen Abgleich in der Fertigung, beliebig grosse Integrierzeiten, fehlerlose Integration und keine Offset- und Drifterscheinungen.
Um dem Prozessrechner die Aufgabe der Prozessoptimierung zu erleichtern bzw. überhaupt erst zu ermöglichen, sollte man ihn nach Bild 3 mit einem DDA-Zusatzrechner (DDA = D Digital Differential Analyzer) koppeln; dieser kann als Bestandteil des Standard-Interface-Systems betrachtet werden (5). Er besteht aus Zählern und steuerbaren Teilern, die bezüglich ihrer Ein- und Ausgangssignale (Frequenzen bzw. Zahlenwerte) je nach Schaltungsart als Integrator, Multiplizierer, Summierer, Komparator, Potentiometer, Totzeitglied usw. arbeiten können. Durch die Verkopplung dieser Elemente untereinander über je zwei Leitungen (Impulse + Vorzeichen), die auch vom Digitalrechner programmgesteuert ausgeführt werden kann, lassen sich dynamische Schaltungen gleich denen auf dem Analogrechner realisieren.

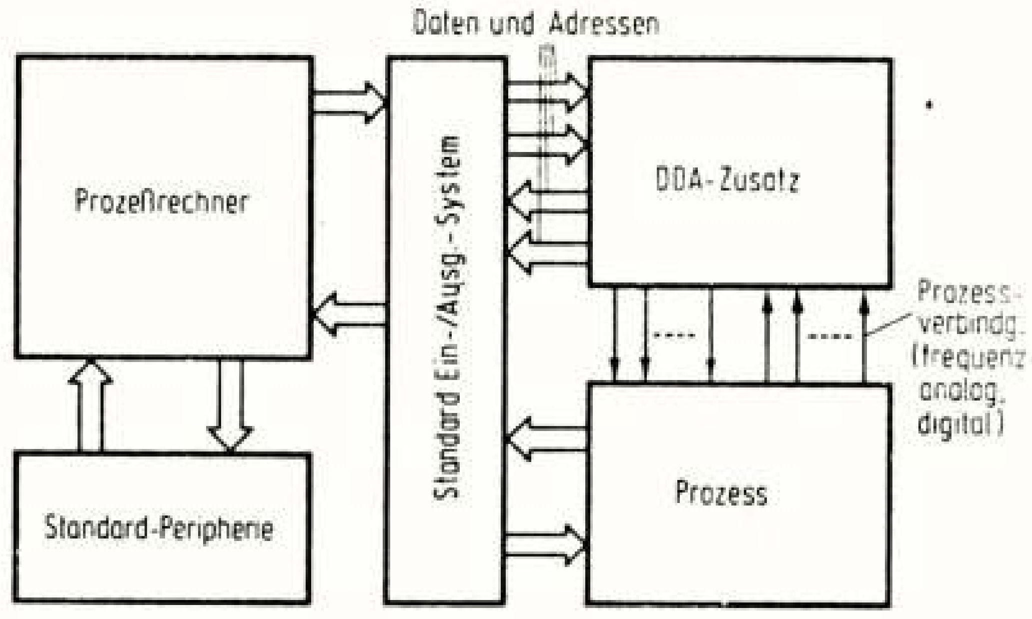


Bild 3. Kopplungsschema für DDA-Rechenwerk, Prozess und Prozessrechner

Die Verbindung zum Rechner erfolgt über einen Digitalbus; der Prozess wird parallel wahlweise frequenzanalog, digital und auch analog angekoppelt. Durch genügend hohe Auflösung und Taktfrequenz erreicht man quasikontinuierliche Arbeitsweise. Die Vorteile des Analogrechners, kontinuierliche und parallele Verarbeitung und deswegen hohe Rechengeschwindigkeit, werden bei diesem System beibehalten, während dessen Nachteile, wie Drift, fast ausschliesslich manuelle Bedienbarkeit und schlechte Koppelmöglichkeit mit dem Digitalrechner, entfallen. Eine Prozessoptimierung mit Identifizierung kann nun z.B. einfach durch Modellbildung im DDA-Teil durchgeführt werden. Die DDA-Parameter können jederzeit vom Prozessrechner gesteuert und die Modell-Signale abgerufen und verarbeitet werden.
Neben den vielen Anwendungen kann man mit dem DDA-Teil natürlich auch Reglerfunktionen bilden.
Mit diesem Rechnerverbundwustem lässt sich eine vorteilhafte programmgesteuerte Arbeitsteilung zwischen beiden Rechnern ausführen: Ablaufsteuerungen und arithmetische Operationen werden vom Digitalrechner, dynische Probleme bis zu einer Grensfrequenz von etwa 60 Hz in Echtzeit vom DDA-Rechner bearbeitet.

4. Einführung eines frequenzanalogen Prozessinstrumentierungssystems

Teilaspekte des beschriebenen Systems werden schon seit längerem bei Waagen genutzt (6). Auch werden mehrere der hier aufgeführten System-Bestandteile in der Praxis mit grossem Erfolg eingesetzt (7). In allen bisherigen Anwendungsfällen handelt es sich aber entweder um einzelne Elemente oder Geräte, die unmittelbar an Signalumsetzer gekoppelt sind, oder bestenfalls um ein Teilsystem, z.B. eine Messkette.

Um das frequenzanaloge Prozessinstrumentierungssystem erfolgreich einzuführen, müssen noch einige Vor-

aussetzungen geschaffen werden:

Es sollten einige Pilotprojekte aufgebaut werden. Arbeiten und Untersuchungen an solchen Projekten decken Lücken auf und bringen wertvolle Erfahrungen.

Es müssen für die ganze Anwendungspalette Messwertaufnehmer und Stellglieder verfügbar sein bzw. vorteilhafte Kombinationen mit Umsetzern empfohlen werden können. Man sollte einen Normfrequenzbereich für die Prozesssignale schaffen, ähnlich der Norm (z.B. 4...20 mA) für analoge Signale.

Wie verträgt sich nun ein frequenzanaloges Prozessinstrumentierungssystem mit dem von verschiedenen Seiten vorgeschlagenen digitalen Bus-System (9...11)? Ein solches erscheint dann vorteilhaft, wenn die zu übermittelnden Daten schon konzentriert vorliegen und die Sammelleitung ausserdem nicht durch eine von Störungen zu stark verseuchte Umgebung führt (8). Zukünftige Prozessinstrumentierungssysteme sollten daher in einer Hybridform die Vorteile der Frequenzanalogietechnik nutzen (Bild 4): Frequenzanaloge Signale übertragen die Prozessinformation zwischen dem stärker gestörten Prozess und festgelegten Sammelstellen. Dort findet die F/D- bzw D/F- Umsetzung statt; der Informationsaustausch mit dem Rechner verläuft von hier an digital. Diese Struktur ist vorteilhaft, weil sowieso ein Teil der Prozesssignale in Frequenzform vorliegt und bei einem anderen Teil die Digitalumsetzung über Frequenzumsetzung ausgeführt werden kann.

Durch Verlagerung der Schnittstellen: F/D- bzw. D/F- Umsetzung vom Rechner unmittelbar an den Prozess erhält man einen Übergang vom frequenzanalogen zum rein

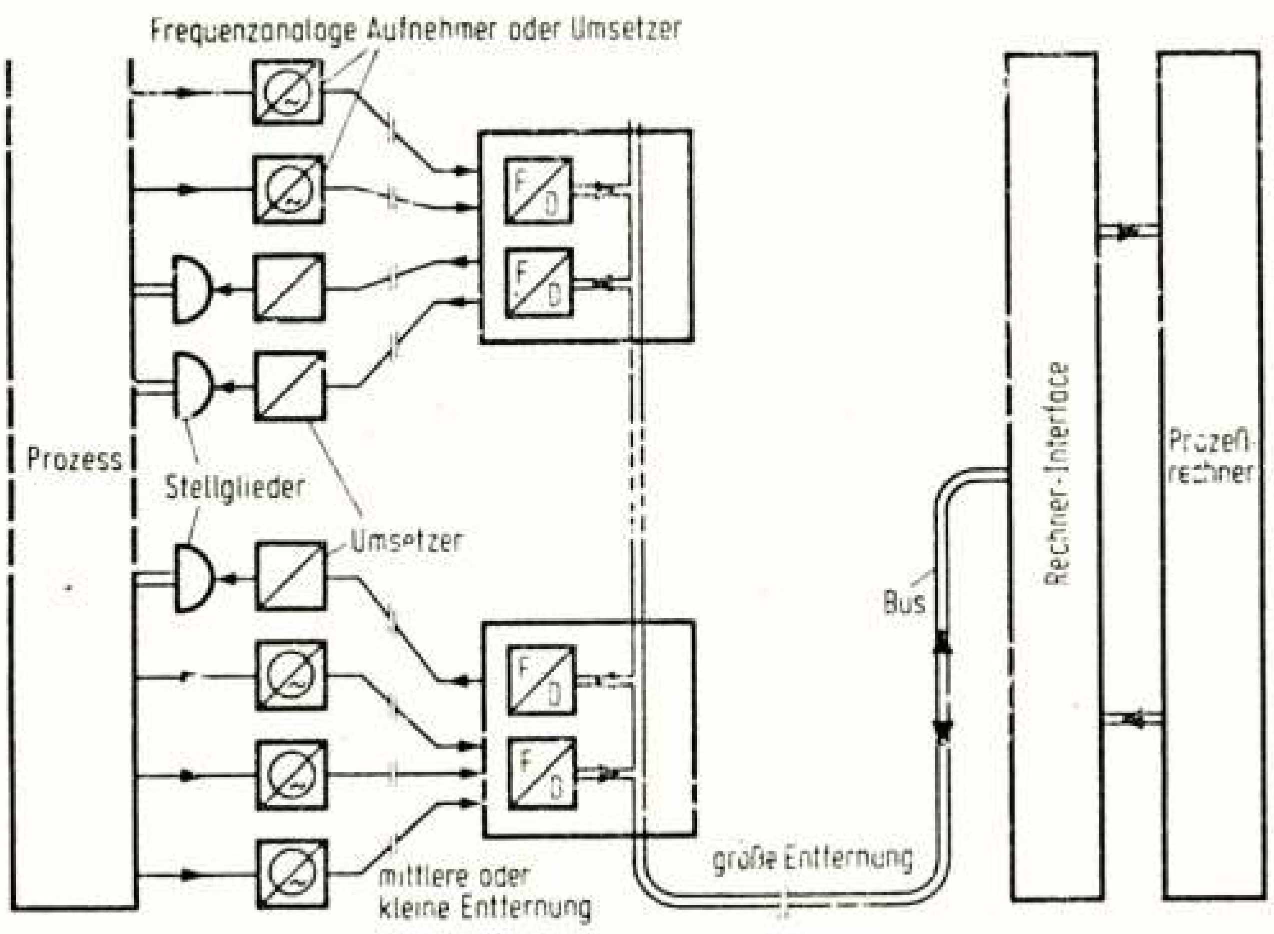


Bild 4. Hybrides Prozessführungssystem

digitalen Prozessinstrumentierungssystem. Fügt man die Schnittstelle in den Übertragungsweg ein, so stellt dies das eben erläuterte Hybridsystem dar.

Die Frage, welche dieser Strukturen im Einzelfall einem Prozessinstrumentierungssystem zugrundegelegt werden soll, ist daher hauptsächlich eine Frage der Schnittstellen und nicht so sehr der System-Bestandteile.

Aus heutigen Sicht kann man somit als naheliegende Alternative zum konventionellen Prozessinstrumentierungssystem ein frequenzanaloges Prozessinstrumentierungssystem empfehlen, da nur dieses ein störungsfreies und wirtschaftliches Arbeiten im Hinblick auf die eingangs gestellten Forderungen gewährleistet. Für ausgedehnte Systeme stellt die hybride, frequenzanalog-digitale Struktur in Zukunft, wenn alle offenen Fragen der sicheren und wirtschaftlichen Signalübertragung auf Bus-Sammelleitungen (9...11) geklärt sind, eine optimale Lösung dar; für kleine Systeme hingegen sollte auch später das frequenzanaloge Prozessinstrumentierungssystem am günstigsten sein.

Die diesem Bericht zugrunde liegenden Arbeiten wurden mit Mitteln des Bundesministers für Forschung und Technologie gefördert. Der Minister für Forschung und Technologie übernimmt keine Gewähr für die Richtigkeit, die Genauigkeit und Vollständigkeit der Angaben sowie für die Beachtung privater Rechte Dritte.

Literatur

(1) Anke, Kaltenecker, Oetker: Prozessrechner, Verlag Oldenburg, 1970.

(2) Gossel, D.: Frequenzanalogie - ein Konzept für Mess und Regelsysteme mit digitaler Signalverarbeitung. ETZ-A, Bd. 93 (1972), H. 10,S. 577-581.

(3) Landvogt, Meyer-Ebrecht: Frequency Analogy, a Powerful Tool for Process Instrumentation. Proceedings of the IFAC 5th World Congress, Paris 1972.

(4) Landvogt, Schröder: Frequenzanaloges Instrumentierungssystem. rtp, Bd. 16 (1974), H.4, S. 88...92.

(5) Kalis, H.: Ein DDA-Prozessrechner-Zusatz für Prozessautomatisierungszwecke. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, Bd. 93, S. 195...206, Springer-Verlag 1974.

(6) Steinhauer,J.: Elektromechanische Waagen mit frequenzanalogen Messwandlern. rtp, Bd. 15 (1973), H. 3, S. 65...71.

(7) Haug, M.: Frequenzanaloge Messungen mit Widerstandaufnehmern. Der Elektrotechniker, 1973, H. 5, S. 1...6.

(8) Meyer-Ebrecht, Schröder: Rechneranpassung frequenzanaloger Messsysteme. Vortrag auf dem 6. Kongress der IMEKO, Dresden, Juni 1973.

(9) Schmidt, U.: Genormte Bus-Systeme sind eine zwingende Notwendigkeit. ELEKTRONIK 1973, H.8, S. 300.

(10) Klaus, J.: Programmierbare Vielstellen-Messanlage nach dem "Party-line-System".
ELEKTRONIK 1972, H. 10, S. 331...333.

(11) Ottes, J.: CAMAC, ein System rechnergeführter Elektronik. ELEKTRONIK 1970, S. 3...6.

(12) Karlsruhe: Prozessrechner im Brennpunkt. ELEKTRONIK 1974, H. 8, S. 303.

(13) Wirkungsweise und Aussichten optischer Speicher. Aus der Hamburger Philips-Forschung.
ELEKTRONIK 1974, H. 4, S. 133...134.

Overgenomen uit:
Lecturey Notes in Computer Science Band 12, blz. 222 - 232.
Met toestemming van Springer-verlag, Heidelberg.

Voordracht gehouden 30 september 1975 in de RAI te Amsterdam tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (nr. 248) en de Benelux-section IEEE.

NIEUWE ONTWIKKELINGEN VOOR 2- EN 8 MBIT/S SYSTEMEN

ir. P. Zwaal
Philips' Telecommunicatie Industrie B.V., Huizen

Digital telephone transmission has long been the transmission technique of the future. Due to a long series of developments on system aspects and technological improvements, digital transmission is now the transmission technique of the present, and will gain an important position in the near future.

INLEIDING

Pulscodemodulatie was vroeger de transmissietechniek van de toekomst. Voor de hogere snelheden is dat in zekere zin nog zo, voor de lagere snelheden van 2 en 8 Mb/s is die toekomst al aangebroken. Voor een deel als gevolg van een reeks van nieuwe ontwikkelingen, een reeks die zich nog voortzet.
Die ontwikkelingen zijn te verdelen in twee groepen:

- systeemaspecten - welke functies worden verricht
- technologische aspecten - hoe worden de functies verwezenlijkt.

SYSTEEMASPECTEN

De ontwikkelingen op het gebied van de systeemaspecten worden goed geïllustreerd door de hoeveelheid bijdragen die in CCITT-verband zijn en nog worden geproduceerd om tot aanbevelingen te komen.
De rijke ervaring voorhanden in de wereld van de analoge transmissie is er mede de oorzaak van dat de digitale systemen betrekkelijk snel volwassen zijn geworden.

Een goed voorbeeld is te vinden in de concept aanbevelingen betrekking hebbend op de onderhoudsaspecten. Een voorbehoud is hier wel op zijn plaats. Dit jaar eindigt zoals bekend een studieperiode van CCITT, uitmondend in aanbevelingen. Deze aanbevelingen zijn in conceptvorm wel bekend, echter de plenaire vergadering van CCITT moet nog plaatsvinden om de definitieve aanbevelingen op te stellen.

Men is, bouwend op de ervaring uit de analoge transmissie, in staat geweest in betrekkelijk korte tijd een onderhoudsfilosofie op te bouwen die het totale digitale transmissiegebeuren omspant tot aan de raakvlakken met de telefooncentrales en dat naar het zich laat aanzien bruikbaar is tot de hoogste transmissiesnelheden toe.
Uitgangspunt is dat bij optreden van een storing de storingsmelding beperkt blijft tot het gestoorde systeem, terwijl aan de rest van het systeem wordt gemeld dat wegvallen van de functies van het systeem een gevolg is van een storing elders en niet een gevolg is van een storing in de apparatuur ter plaatse.
Het effect is tweeledig:
maatregelen om de storing te verhelpen worden alleen genomen daar waar de storing werkelijk is opgetreden en

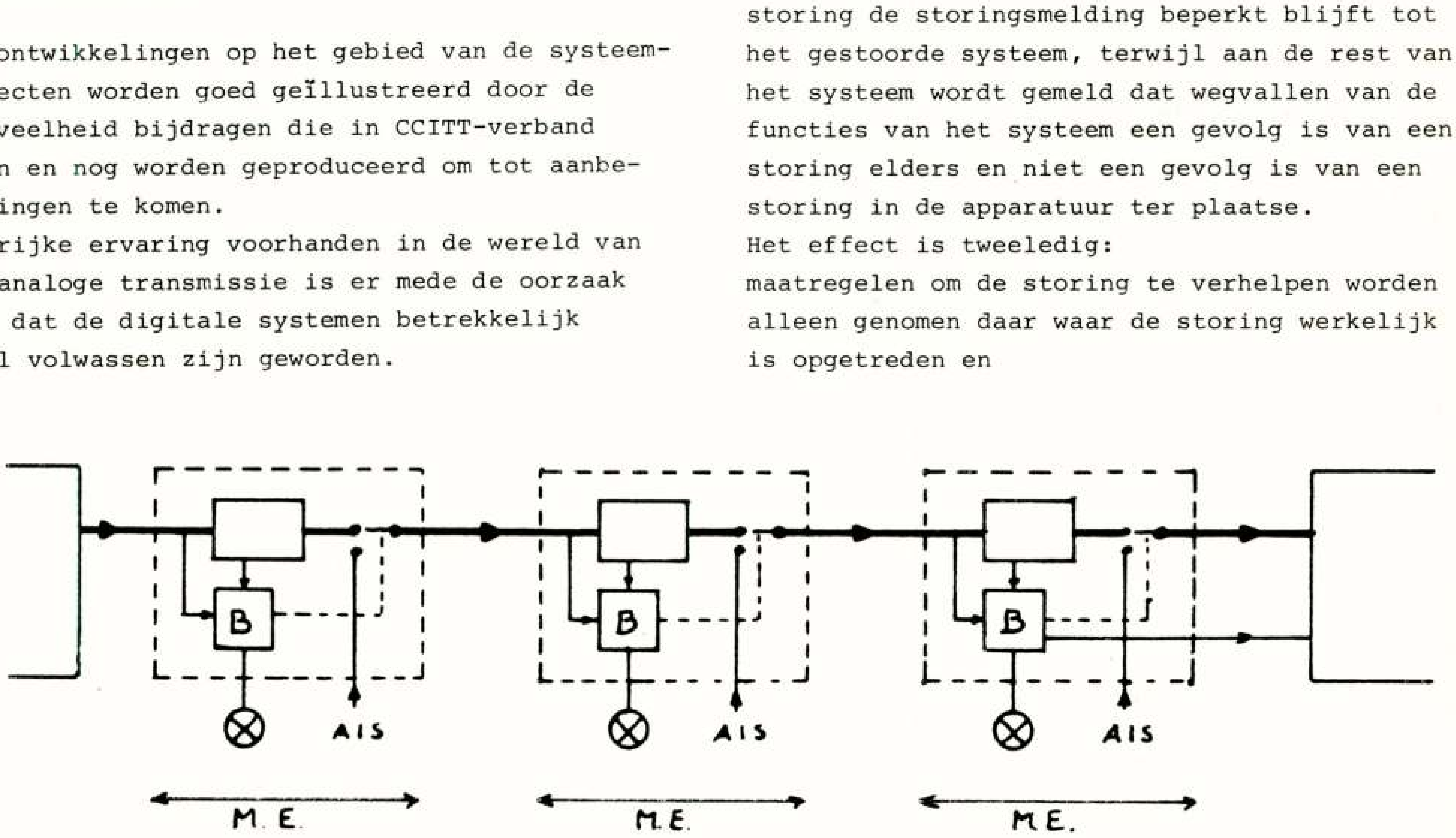


Fig. 1. Transmissiesysteem verdeeld in onderhoudseenheden.

de gebruiker van het systeem wordt in staat gesteld passende maatregelen te nemen om de gevolgen van de storing te verkleinen.

Dit prijzenswaardige gedrag van het systeem wordt verwezenlijkt door het systeem op te delen in onderhoudseenheden (maintenance entities) (zie fig. 1).
Ontstaat in zo'n eenheid een storing dan wordt deze storing gemeld middels alarm, bovendien zendt deze gestoorde eenheid naar de volgende blokken in plaats van de nu gestoorde informatiestroom één specifieke informatie. De volgende blokken zenden deze informatie verder alsof het de normale informatie was, als ze voor hun functie niet afhankelijk zijn van de inhoud van de informatie.
Deze blokken (de lijntransmissiedelen bijvoorbeeld) worden in het geheel niet beïnvloed door de storing. De systeemdelen die wel gebruik maken van de inhoud van de informatie zijn in staat deze specifieke informatie te herkennen. Hun normale werking wordt weliswaar verstoord, maar omdat de oorzaak in dit geval gelegen is in de aard van de ontvangen signalen wordt, geen alarm gegeven.
Wel wordt op de uitgangen van het onderhavige systeemdeel in plaats van de nu verstoorde informatie het specifieke informatiesignaal afgegeven.
Het specifieke storingssignaal plant zich zo door het gehele systeem van blok naar blok voort, tot aan de gebruikers van het systeem.

Het bedoelde informatiesignaal - Alarm Inhibit Signal geheten - is zo gekozen dat:
a. de werking van die systeemdelen die onafhankelijk van de informatie-inhoud zijn, niet beïnvloed wordt
b. het signaal eenvoudig op te wekken en te detecteren is maar
c. toch een zeer geringe kans heeft gesimuleerd te worden door de normale informatie.
Gekozen is een constante stroom van "1"-en.

TECHNOLOGISCHE ASPECTEN

Van een systeemvoorbeeld nu naar technologische aspecten.
Ook voor PCM systemen geldt de algemene regel dat principiële voordelen slechts dan tot hun recht komen als aan een reeks van nevenvoorwaarden is voldaan.
In willekeurige volgorde:
- omvang van de apparatuur
- betrouwbaarheid
- prijs
- dissipatie
- stabiliteit
- eenvoud van installatie en onderhoud.

Aan de hand van enkele voorbeelden wil ik U demonstreren welk een invloed de technologische ontwikkelingen heeft op de apparatuur.

2 MB/S EINDAPPARATUUR

Primaire multiplexer en demultiplexer.
De functies hier verenigd (zie fig. 2), zijn:
- filtering van de aangeboden spraaksignalen, resp. van de afgegeven spraaksignalen.
- bemonstering van deze signalen 8000x per seconde.
- analoog en digitaal conversie van elk monster in een 8 bits woord waarbij tevens compressie plaatsvindt en voor de andere richting digitaal-analoog omzetting met de overeenkomstige signaalexpansie.
- tijdmultiplexing (tijdstapeling) van de digitale informatie, toevoegen van synchronisatie-informatie en toevoegen van signaleringsinformatie.
- voor het ontvangdeel synchronisatie en demultiplexing.
- omzetten van het samengestelde 2 Mb/s signaal in de voorgeschreven interface code (resp. decoderen naar de interne codering voor de ontvangstkant).
- interface aanpassing. Voor de 2 Mb/s ontvangzijde betekent dit regeneratie van het interface signaal en klokopwekking.
- bewaking op goede werking van de samenstellende delen.

INTEGRATIE

Door gebruik te maken van integratietechnieken zijn wij nu in staat om functies die eerder vele standaard bouwstenen vergden, nu te verenigen in één bouwsteen die speciaal voor die functie is ontworpen.
Zo is de coder die van de interne binaire signalen het driewaardige interface signaal maakt (de HDB-3 interface code), ondergebracht in één integrated circuit van de afmetingen van een standaard digitaal blokje (-16 pens Dil.), waarbij bovendien een bewakingsschakeling is ondergebracht omdat er nog ruimte over was.
De voordelen spreken voor zichzelf:

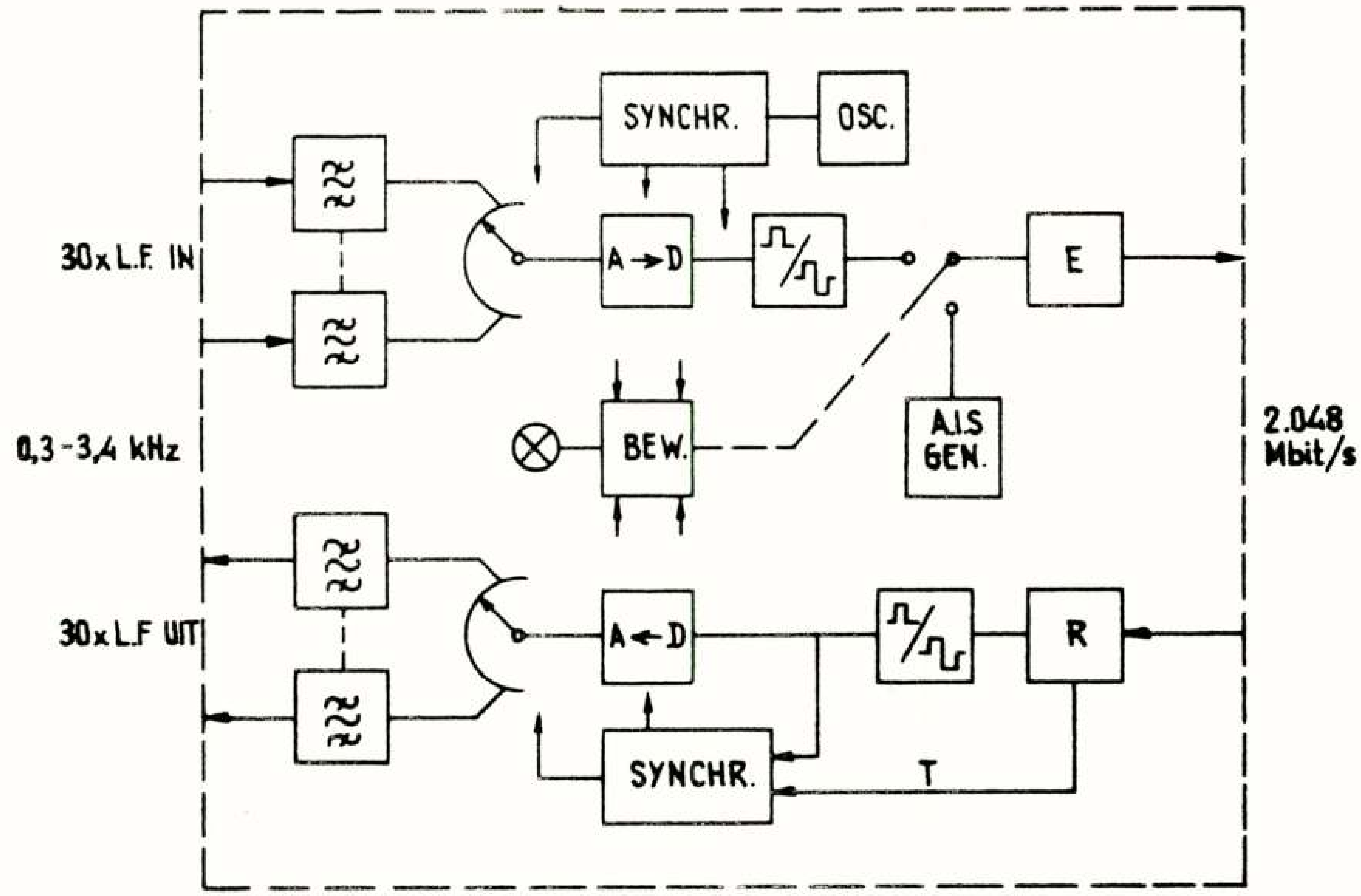


Fig. 2. Blokschema primaire multiplexer voor 30 kanalen.

- ruimtewinst
- hogere betrouwbaarheid door eliminatie van een groot aantal interne verbindingen
- door de gekozen integratietechniek (LOCMOS) een zeer veel lager stroomverbruik dan equivalente schakeling met standaard bouwstenen als gevolg daarvan lagere temperaturen, hetgeen gunstig is voor de betrouwbaarheid.

Het is nu ook mogelijk om de analoog-digitaal omzetter uit te voeren als één compleet integrated circuit, waarbij voor elk kanaal een eigen omzetter wordt gebruikt.
Zoals uit het schema blijkt, is het nu nog gebruikelijk om een gemeenschappelijke omzetter voor alle kanalen te gebruiken, hetgeen economisch aantrekkelijk is, maar uit betrouwbaarheidsoverwegingen niet. Bij defect raken zijn alle 30 kanalen gestoord.
Bovendien dient de tijdstapeling te geschieden met de nog analoge bemonsteringssignalen.
Analoog-digitaal omzetting per kanaal is nu mogelijk met als voordelen een eenvoudiger digitale tijdstapeling, die op zich weer integreerbaar wordt daardoor, hogere betrouwbaarheid, wat lagere dissipatie en kleinere afmetingen.
Toepassen van goed gekozen integratietechnieken leidt dan zeker tot aantrekkelijke oplossingen, waarbij het opvalt dat er een zekere implosie plaatsvindt. Kleiner worden van één deel leidt weer tot kleiner worden van andere delen.
Een noodzakelijke voorwaarde echter voor het gebruik van integratietechnieken is de beschikbaarheid van een diepgaande know-how t.a.v. mogelijkheden en onmogelijkheden nu en in de toekomst van deze nieuwe technieken.
Het is zeker niet meer zo dat PCM (digitaal en dus eenvoudig) door iedereen zo maar kan worden gefabriceerd.
Het vereist een grote organisatie om klein te kunnen bouwen.

2 MBIT/S LIJNAPPARATUUR

Ook in de lijnapparatuur zijn veranderingen zichtbaar. Ter illustratie de ondergrondse regenerator voor 2 Mb/s op laagfrequent-kabels. Zo'n regenerator bestaat uit drie delen: egaliserende versterker, klokregeneratie en beslisschakelaars met eindtrap.
De eerste uitvoeringen waren voorzien van een egaliserende versterker ter correctie van de kabelkarakteristiek, zie fig. 3.
De noodzakelijke correctie is echter afhankelijk van het type kabel en vooral van de lengte van de kabel. Het is weliswaar gebruikelijk om de afstand tussen de regeneratoren gelijk te kiezen aan de afstanden waarop vroeger de pupinspoelen waren aangebracht (= 1800 meter)

maar in een groot aantal gevallen moet hiervan worden afgeweken.
Dit betekent aanpassing van de versterker. Vroeger gebeurde dit door de versterker te ontwerpen voor de langst mogelijke kabel en bij korte secties, het ontbrekende stuk kabel kunstmatig bij te passen met behulp van een speciaal netwerkje dat de kabel simuleert (LBO line built out network).

Verdere studies hebben het nu mogelijk gemaakt versterkers te ontwerpen die zich automatisch aanpassen aan de lengte van de aangesloten kabel.
Voordelen: één type voor alle kabels en geen instellingen meer bij installatie.

Door het verdwijnen van de instelnetwerkjes lag de weg open om te trachten de gehele versterker tot een geïntegreerd circuit te reduceren.
Ondanks de beperkingen opgelegd door de integratietechniek (grotere toleranties van de circuitdelen) is nu toch een circuit voorhanden dat de gehele automatisch regelende versterker bevat, zij het dat extern een aantal passieve componenten nodig zijn om de karakteristiek met de vereiste nauwkeurigheid te bepalen. Alle benodigde actieve componenten zijn op één substraat ondergebracht en bovendien is het stroomverbruik teruggebracht van 20 mA tot 7 mA bij 5,5 V. Deze reductie heeft weer de mogelijkheid geopend om ook de andere delen van de regenerator te integreren. Om dit te doen, is namelijk een andere techniek van klokregeneratie vereist. (De eerder gebruikelijke maar weinig stroomkostende L-C kring is niet integreerbaar.)
Van de omstreeks 40 mA die werkelijk beschikbaar is voor het circuit kan met de nieuwe versterker een groter deel gebruikt worden voor klokregenerator en beslisschakelaar zodat een phase locked loop techniek die wel integreerbaar is, kan worden toegepast.

De beide functies zijn nu samen in één IC ondergebracht met uitzondering van de twee transistoren in de eindtrap. Deze is nodig om voldoende signaalenergie aan de kabel af te geven.
De complete regenerator bestaat nu uit 2 integrated circuits plus twee "discrete" transistoren en de onvermijdelijke passieve componenten nodig voor nauwkeurige instellingen. Wat verder rest zijn de ingangs- en uitgangstransformatoren, capaciteiten voor afvlakking van voedingsspanningen en componenten om de circuits te beschermen tegen hoge spanningen en stromen t.g.v. blikseminslag in de nabijheid van de kabel.
De ruimtewinst spreekt voor zichzelf. Wij menen ook een grote sprong voorwaarts gemaakt te hebben in de betrouwbaarheid van de gehele regenerator.

Zijn de I.C.'s ontwikkeld voor de ondergrondse repeater, ze worden ook toegepast bij de interface schakeling in de eindapparatuur, waar identieke functies voorkomen.
Waren dit voorbeelden uit de 2 Mbit/s eind- en lijnapparatuur, ook de 8 Mbit/s apparatuur is ontwikkeld rondom integratietechniek.

8 MBIT/S EINDAPPARATUUR

De 2e orde multiplexer onderscheidt zich van de primaire mux door het ontbreken van analoge signaalbehandeling. Het is een geheel digitaal

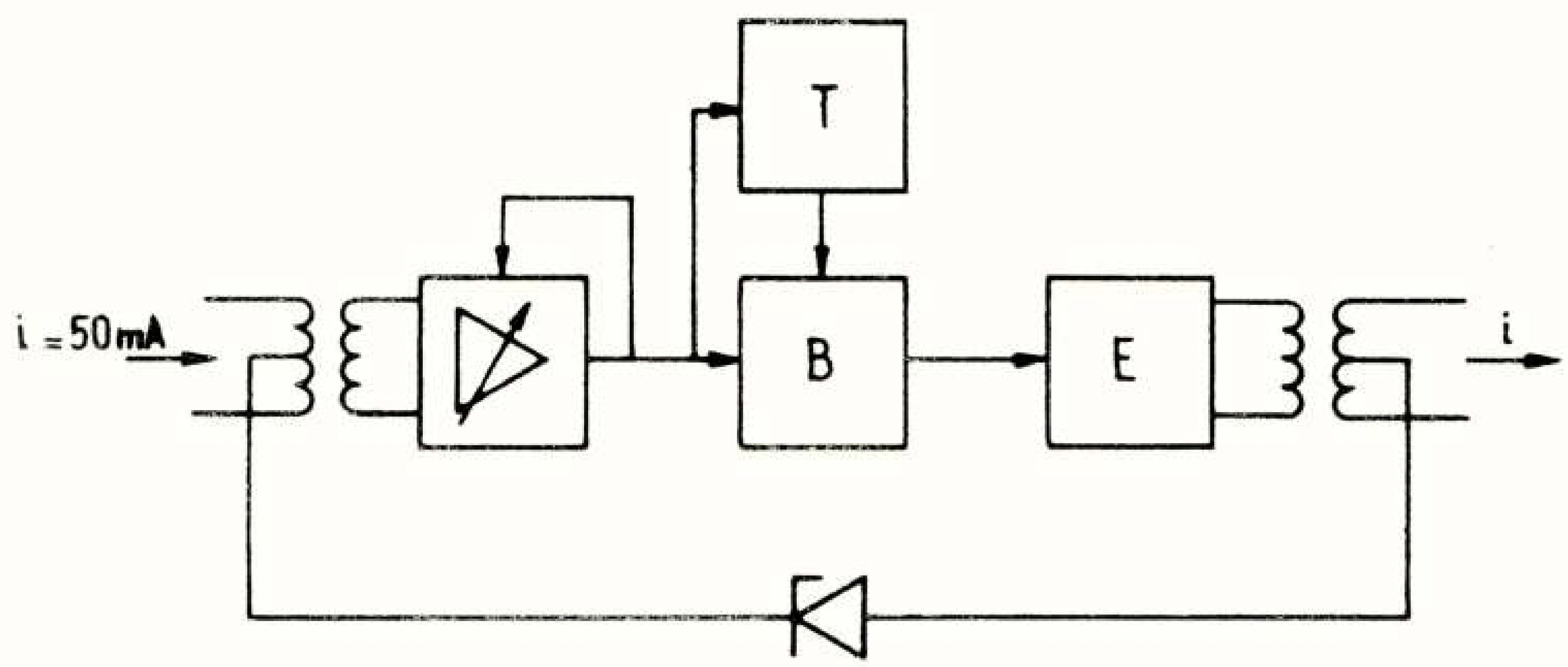


Fig. 3. Blokschema van automatisch egaliserende regenerator met klokregeneratie (T), bitregeneratie (B) en zendtrap (E).

apparaat (fig. 4).
Het ontvangt vier bitstromen van 2.048 Mbit/s elk en voegt deze samen tot een bitstroom van 8.448 Mbit/sec.
De multiplex wordt gecompliceerd door het feit, dat de binnenkomende bitstromen niet gesynchroniseerd zijn met de klokbron, die de multiplexing zelf bestuurt, eenvoudig omdat de sturende bron van de 2 Mbit/sec. stromen elders zetelt. Bovendien is de 2.048 Mbit/sec. geen exacte snelheid, maar kent een - kleine - tolerantie.
Dit probleem wordt opgelost door "aflezen" van de inkomende bitstroom met een wat hogere snelheid om vervolgens de "ontbrekende" bits aan te vullen met betekenis-loze bits. Later worden aan de ontvangkant deze betekenis-loze bits weer verwijderd, zodat het afgegeven signaal weer precies dezelfde bitrate heeft als de aangeboden.
Deze vrij complexe bewerking eist, uitgevoerd in conventionele standaard digitale bouwstenen, omstreeks 50 circuits.

Deze schakeling heeft een gelukkig kenmerk, het aantal in- en uitgangen is beperkt. Bovendien lijkt de schakeling, nodig in de multiplexer (waar het 2 Mbit/s signaal binnenkomt), sterk op de schakeling aan de demultiplexer kant (waar het 2 Mbit/s signaal weer wordt afgegeven), zodat met één ontwerp kan worden volstaan.
Het resulterende integrated circuit is uitgevoerd in Locmos techniek.
Dankzij de voor deze techniek beschikbare computer aided design mogelijkheden is het circuit gerealiseerd zonder de gebruikelijke tegenvallers, die anders ontstaan ten gevolge van soms een enkel foutje, begaan in de lange reeks van handelingen, nodig om van ontwerp tot IC te komen.

De tweede orde multiplexer maakt gebruik van alle voor 2 en 8 Mbit/s PCM ontwikkelde IC's. Sommige zijn geschikt voor 2 en 8 Mbit/s, andere worden alleen voor 2 of alleen voor 8 Mbit/s gebruikt.
Ondanks de vrij grote hoeveelheid standaard circuits die hier vervangen zijn door custom build IC's, moet niet de indruk ontstaan, dat een nieuwe ontwikkeling in PCM is, om alles wat maar even kan, ook maar direct om te zetten in een speciaal IC. Daarvoor is de techniek te duur.
Voor elke toepassing is een zorgvuldig afwegen nodig van de kosten, zowel ontwerpkosten als de resulterende kostprijs per exemplaar, tegen de baten als winst in ruimte, dissipatie, betrouwbaarheid.

8 MBIT/S LIJNAPPARATUUR

Ontwikkelingen in de 8 Mbit/s lijnapparatuur zijn voor een deel te vinden in de nieuwe kabels en verder in de regeneratoren.
Het blokschema is gelijk aan dat voor een 2 Mbit/s regenerator, zie fig. 3.

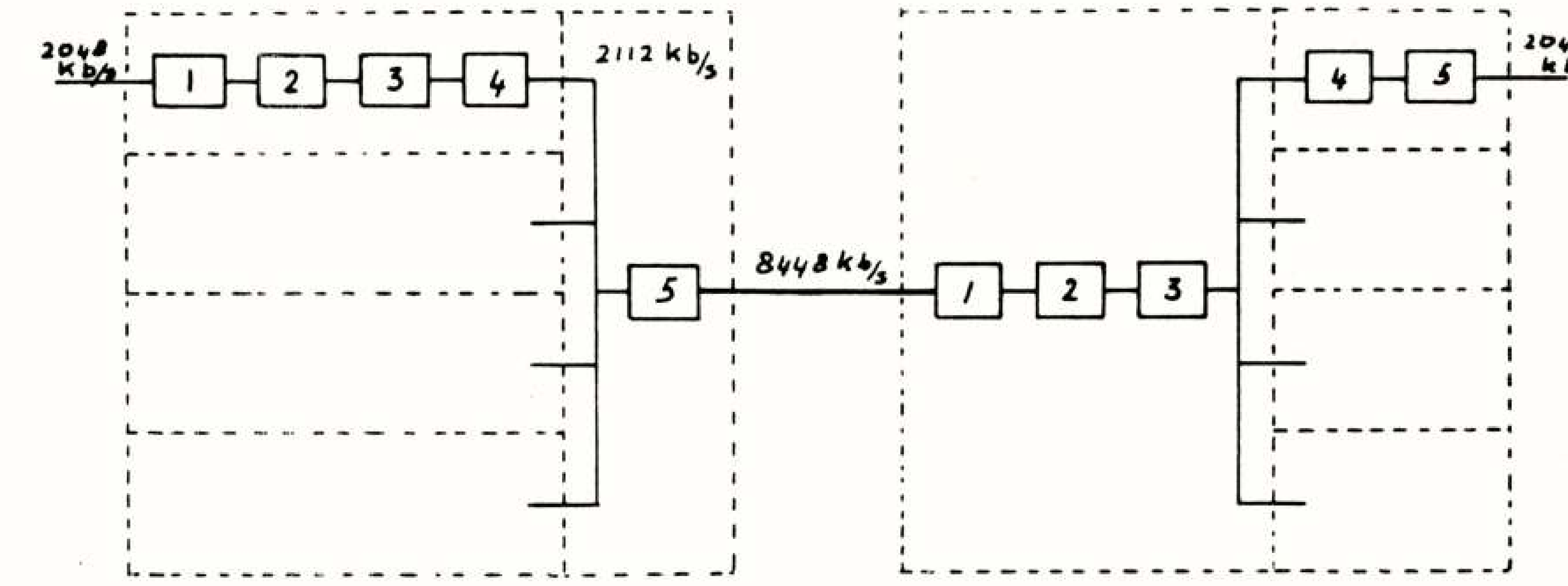


Fig. 4. Blokschema 8 Mbit/sec. multiplexer

1 - egalisatie
2 - besliscircuit
3 - HDB 3 → binair
4 - elastisch geheugen
5 - binair → HDB 3

8 Mbit/s betekent 120 kanalen per regenerator. De eisen aan de betrouwbaarheid dienen daaraan aangepast te zijn.
De sectielengten zijn weliswaar ruwweg tweemaal zo groot als bij 2 Mbit/s (-4 km), maar de versterkers, nodig om de kabeldemping te compenseren, zijn gecompliceerder. De vereiste versterking is omstreeks 80 dB bij de halve bitfrequentie 4,5 MHz tegen 35 dB bij 1 MHz voor de 2 Mbit/s regenerator.
De versterker moet weer een freq.karakteristiek bezitten, aangepast aan het gedrag van de kabel. Om line build out netwerken te vermijden, dient deze versterker weer zich automatisch aan te passen aan de werkelijke kabellengte.

We zullen hier een goed voorbeeld aantreffen van de beperkingen, die verbonden zijn aan het gebruik van geïntegreerde circuits. Een versterker, uitgevoerd in discrete componenten, is al een omvangrijke schakeling, die een vervelende bijkomstigheid vertoont:
Er komen veel passieve componenten in voor, die nauwkeurig moeten zijn (omstreeks 1%).
De vereiste betrouwbaarheid (enkele honderden jaren!) schrijft vrijwel voor, dat de actieve componenten zoveel mogelijk bijeengebracht worden op geïntegreerde circuits. De benodigde nauwkeurige weerstanden en condensatoren verhinderen deze tactiek evenwel.
Om dit dilemma op te lossen, is een hybride technologie noodzakelijk.

Wij hebben deze gevonden in de toepassing van dunne film.
Een dunne film bestaat uit een keramische drager, waarop door opgedampte metaalfilms weerstanden en geleiders worden aangebracht. Op deze drager kunnen bovendien halfgeleider chips of ook naakte integrated circuits worden aangebracht evenals naakte zgn. chip condensatoren.

Een aldus samengesteld circuit wordt in zijn geheel in een hermetische omhulling ondergebracht.
De beperkingen van de nauwkeurigheid van de passieve componenten is nu vervallen, omdat de weerstanden op het dunne film circuit dezelfde stabiliteit bezitten als normale metaalfilm weerstanden, terwijl de waarde nauwkeurig kan worden afgeregeld tijdens de productie van het dunne film circuit. Na gereedkomen van de drager met het geleiderpatroon en de weerstandsbanen worden op een meetautomaat alle weerstanden gemeten en met behulp van een laser door wegbranden van het weerstandsmateriaal op de juiste waarde gebracht, waarmee afwijkingen door het opdampproces worden geelimineerd.

CONCLUSIE

De besproken voorbeelden tonen aan dat door de nieuwe ontwikkelingen op systeemtechnisch gebied en op technologisch gebied PCM transmissie nu de kinderschoenen is ontgroeid en de economische en technische beloften waarmaakt. Het is niet zo dat de digitale transmissie de analoge transmissie op korte termijn zal verdringen, zeker is dat PCM zich reeds nu een belangrijke positie verworven heeft die in de toekomst in omvang aanzienlijk zal toenemen.

Voordracht gehouden op dinsdag 26 februari 1976 bij Philips' Telecommunicatie Industrie B.V. te Huizen, tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (nr. 253), de Sectie voor telecommunicatietechniek van het KIvI en de Benelux-section-IEEE.

A 140 Mb/s digital transmission system for coaxial cables

A. M. Giacometti, T. F. S. Hargreaves

Summary

The design of an all-regenerative 140 Mb/s digital transmission system is considered. The interdependence of the assumed tolerances (particularly the timing and equalization accuracy) and the optimum overall transfer-function is emphasized. A design method taking into account the worst-case operating conditions is described, as well as the basic features of the regenerator. Finally, the measured performance of an experimental repeater section is compared with the calculations.

1 Introduction

High-speed digital transmission systems will be introduced in the telecommunication network in the near future. There is particular interest in a transmission system at 140 Mb/s, using as a medium the 1.2/4.4 mm coaxial cable, and compatible with the present 12 MHz FDM routes. The design of such a system, using regenerative repeaters, has been undertaken, and several regenerator models have been built and tested, confirming the results of the calculations. The present paper discusses the basic design problems and shows the most important features of the regenerator construction.

Design constraints and objectives

The 140 Mb/s transmission system has to be capable of working on the same route as a 12 MHz FDM system, i.e. with the same repeater spacing. This means that section lengths of 2.1 and possibly 2.2 km must be bridged.
Preliminary studies have shown that with the expected equalization tolerances a three-level line code of the 4B/3T type, i.e. translating blocks of four binary digits into

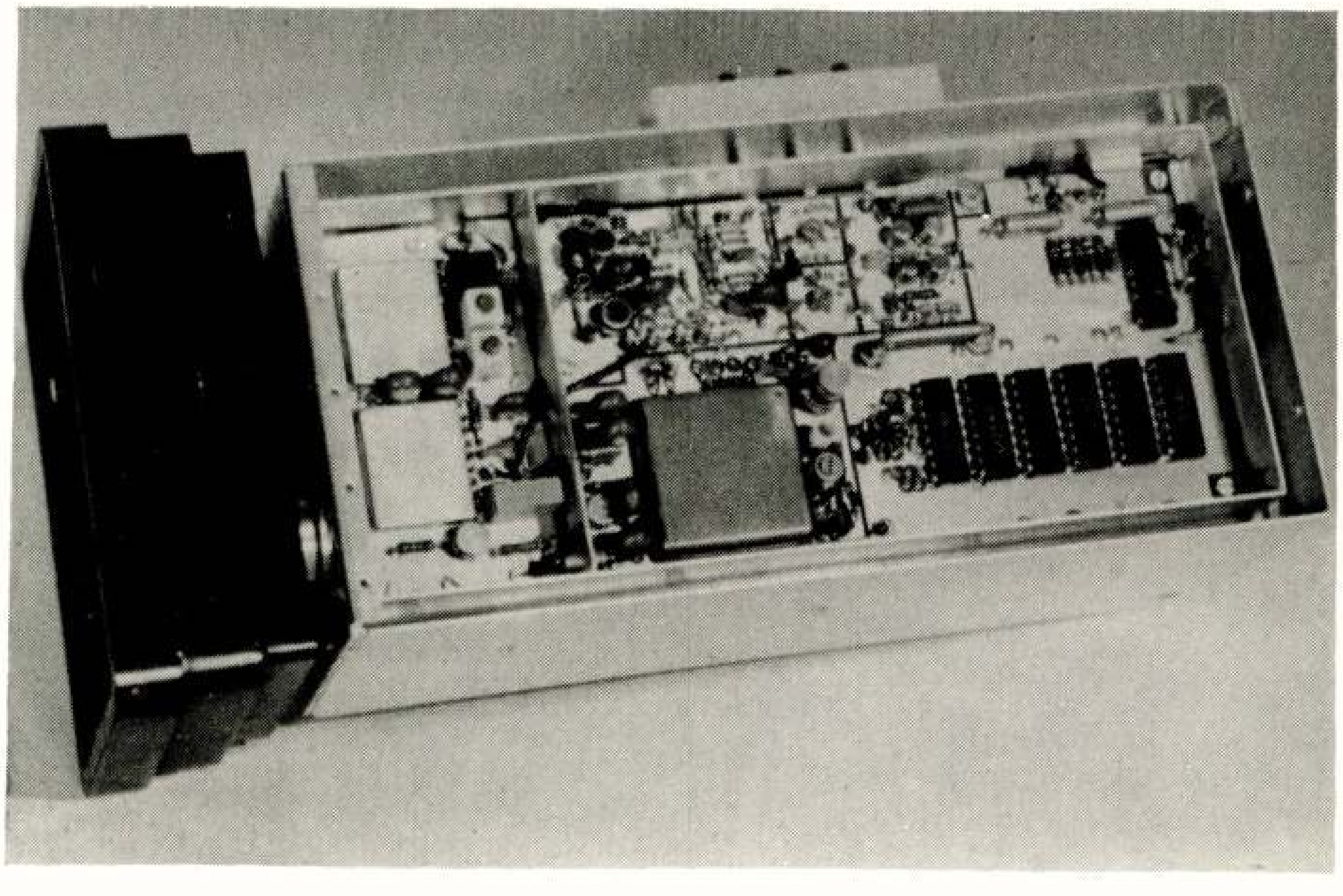


Fig. 1. Experimental model of a 140 Mb/s regenerator, housed in a standard 60 MHz repeater case

blocks of three ternary symbols, should give the most economic repeater design; its use implies section losses, at the Nyquist frequency, of 84 and 88 dB for 2.1 and 2.2 km, respectively.

The design target is a worst-case binary error rate of 1 in 10^{10} per repeater; this goal, together with the high section losses mentioned above, can be achieved only with a careful evaluation of the effect of tolerances on the detection and an optimization of the whole design against the worst-case addition of these tolerances.

The study of the 140 Mb/s transmission system has therefore been dominated by a constant effort to identify realistic worst-case conditions and to optimize the performance under these conditions.

2 Transfer function optimization

The equalization characteristic design was carried out aiming at a worst-case binary error rate of 10^{-10} per repeater, in the case of the 2.1 km section length.

As the tolerances on the behaviour of the circuits play a very important role in the performance of the system, the design was preceded by an evaluation of the expected degradations and their effects on the system operation.

The analysis of the circuit performances and their effects on detection shows that, apart from equalization errors, the non-ideal behaviour of the circuits can be taken into account by considering an equivalent impairment of detection due to one of the following reasons:

a timing error, i.e. difference between the actual decision instant and the moment of maximum eye opening,

b decision level offset, i.e. displacement of the actual decision threshold voltage from its ideal value.

Effect of amplitude control

A complicated relationship between causes and effects arises from the inclusion in the system of an automatic regulation loop which stabilizes the peak amplitude of the signal at the input of the decision circuit.

This Automatic Amplitude Control (AAC) includes a variable equalizer, approximating the transfer characteristic of a variable length of coaxial cable, i.e.

$$A(j\omega) = \exp\{(k\sqrt{\omega})(1 + j)\} \tag{1}$$

and a peak amplitude detector, whose output sets the parameter k in (1) at the correct value.

It can be easily seen that a variation of the equalized signal amplitude, due to a frequency independent change of its spectrum (caused by amplifier gain or transmitted pulse area variations) is corrected by the AAC with a transfer function variation having a frequency dependence expressed in formula (1).

The resulting equalization error introduces additional intersymbol interference and affects the noise power delivered to the decision circuit; the distortion produced on the equalized pulse also gives rise to a drift of the decision instants in such a way that the decision takes place at a moment in which the eye does not have its maximum amplitude.

The analysis of the hardware involved shows that flat gain and transmitted pulse area variations can safely be estimated at $\pm$ 0.5 dB each; the effect produced in the worst case is then:

- timing error: $\pm$ 0.4 ns
- additional noise: 0.5 dB

– additional intersymbol interference: 3% of the peak value of the equalized pulse; this has been considered equivalent, for calculation purposes, to a decision threshold offset equal to ± 6% of its nominal value.

Other error sources

The contribution of the other circuit tolerances to the equivalent detection impairments can be summarized in a further drift of the decision instant of ± 0.5 ns and a threshold offset of ± 10% due to errors in the circuits providing the reference level, in the decision circuit, etc.
Finally the effect of the DC component suppression, cable reflections, feedback through the power feeding path etc. can be considered equivalent, taking into account the code restrictions, to an extra ± 10% threshold offset.

Final assumptions

The worst-case detection impairments taken as design specifications are thus:
- timing error ± 0.9 ns
- threshold offset ± 26%

The last assumption on circuit performances is that the preamplifier noise figure is 3 dB.

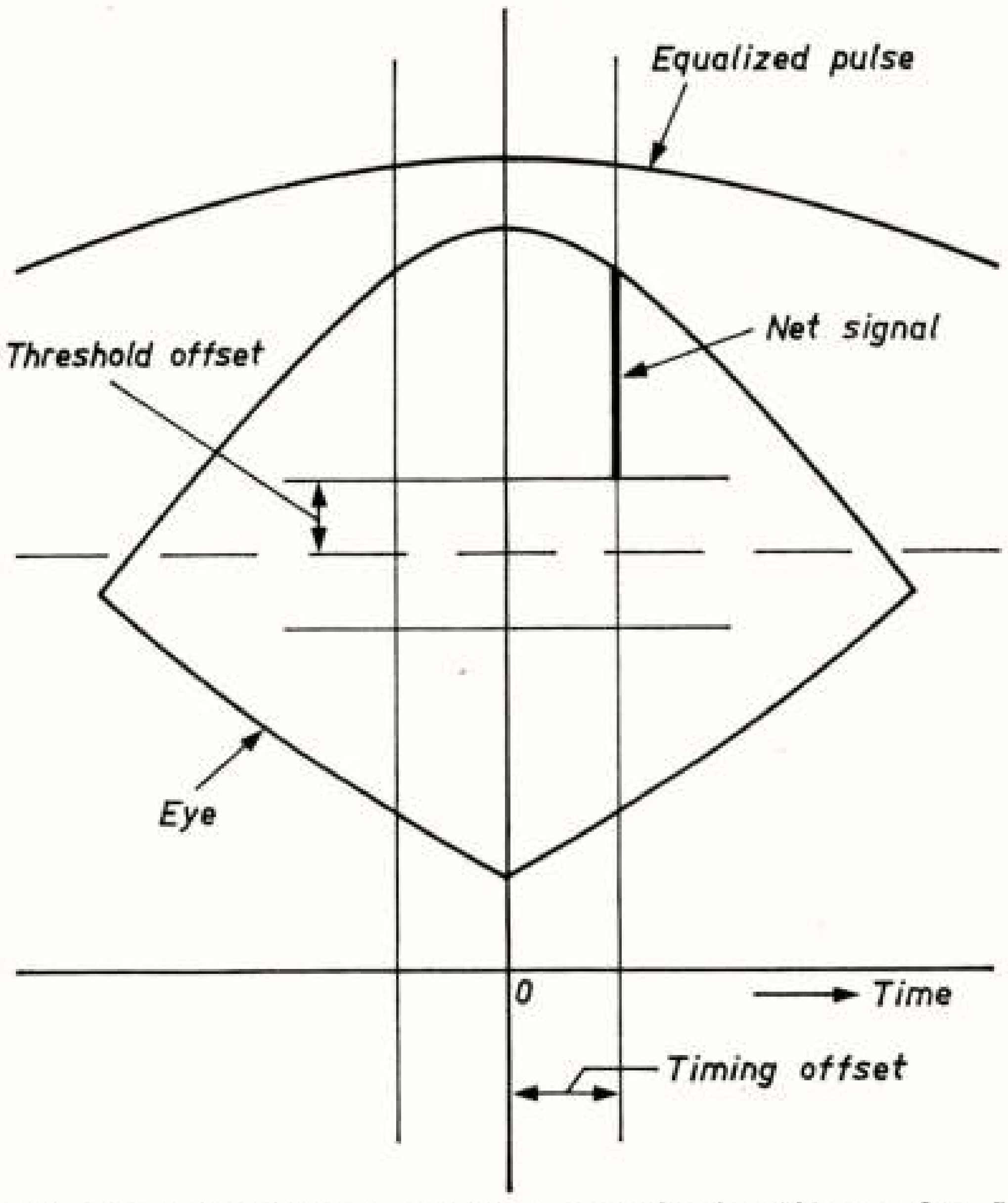


Fig. 2. Definition of Net Signal

Net signal

The design of the equalizer is based on the maximization of a Net Signal to Noise Ratio (NSNR hereafter) defined according to the following discussion (see Fig. 2). Firstly, the eye diagram corresponding to the worst-case intersymbol interference is considered and suitable nominal values of the decision instant and threshold are chosen.
When the timing and the threshold are offset by the assumed amounts the signal margin (i.e. the smallest distance at the decision instant between the eye and the offset threshold) is called the Net Signal.
The ratio of this quantity to the RMS noise voltage at the input of the decision circuit is taken as a measure of the worst-case performance of the repeater and is defined as NSNR.
It should be noted that according to the present definition an error rate of 10^{-10} corresponds, under the hypothesis of gaussian noise, to a NSNR of 16.2 dB. The assumption that the worst-case intersymbol interference is present at every decision

instant is obviously pessimistic; however the complication introduced by the statistical description of the intersymbol interference makes its inclusion in the optimization process impractical and the use of the simpler, even if pessimistic, worst-case approach preferable.

The equalizer

The equalizer design procedure comprises three steps, i.e. choice of an idealized transfer function, its approximation in the frequency domain in terms of poles and zeros of realizable networks and finally time domain optimization of the pole and zero values.

As a design starting point an equalized pulse spectrum of cosine roll-off amplitude and linear phase type, according to Nyquist's first criterion, has been considered with the assumption that the transmitted pulse possessed a trapezoidal shape with 50% duty-cycle, 1.5 ns rise time and 6 V amplitude.

The behaviour of the NSNR as a function of the extra bandwidth due to the roll-off type transfer function has been studied in conjunction with various values of timing error and decision threshold offset, and the spectrum producing the highest NSNR in the estimated worst case has been chosen as the starting point for the subsequent approximation and optimization steps.

The resulting equalizer transfer function has been approximated with an expression of the type

$$T(s) = \frac{s - z}{s + z} \prod_{k=1}^{4} a_k \frac{s^2 + b_k s + c_k}{s^2 + d_k s + c_k} \qquad (2)$$

Two second order sections have been realized as bridged T networks, one before the preamplifier and the other after the output pulse amplifier, in order to avoid low-frequency overloading of the preamplifier and also to help with lightning protection; this is at the cost of a small increase in the noise power delivered to the decision circuit. The remaining two sections have been implemented in the amplifier by suitably chosen impedances in the feedback paths. An active first order all-pass section provides the necessary amount of phase equalization.

A variable equalizer having the transmission characteristic given by formula (1) is also included and its regulation range is 30 dB at the Nyquist frequency.

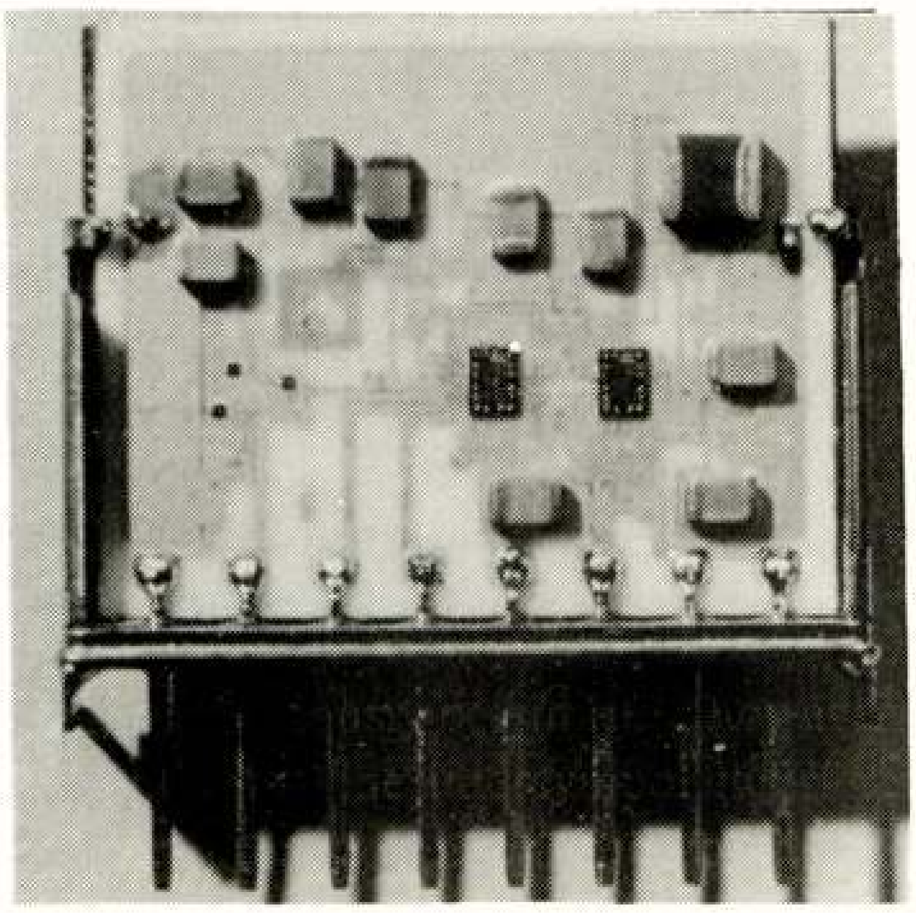


Fig. 3. Thin film unit comprising the low-noise preamplifier and variable equalizer circuits

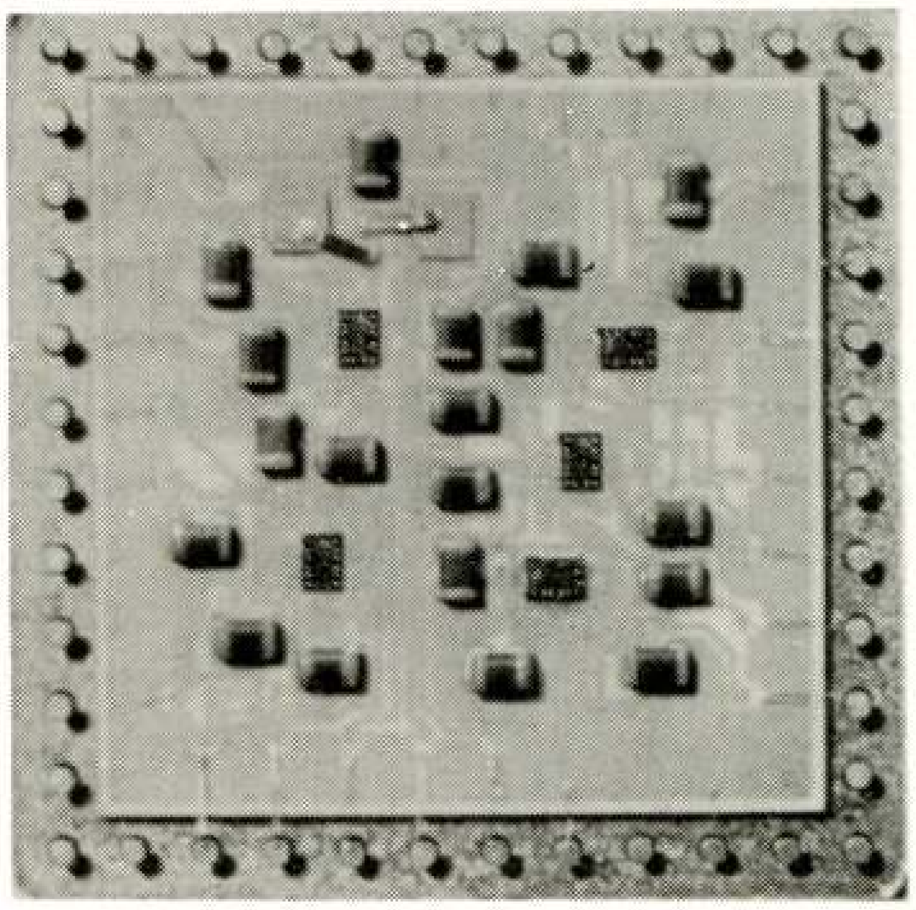


Fig. 4. Phase-lock-loop clock extraction circuit

A computer optimization program making use of a standard minimization routine due to Lootsma [1] has been used at this stage in order to find the optimal values of the parameters of formula (2).
As a penalty function the worst-case NSNR has been used and additional constraints have been specified on the amount of intersymbol interference and on the degree of symmetry of the eye, in order to guarantee good performance of the clock extraction circuitry.
A particularly fast convolution algorithm, based on the principle given by Pottle [2], is used to implement the frequency to time domain conversion and enables the use of minimization procedures without huge consumption of computer time.
Having found the optimal equalizer by the above procedure the final performance is then calculated with the aid of a computer program which evaluates the error probability of the repeater by using a statistical description of the intersymbol interference (Benedetto *et al.* [3]).
In order to simulate the actual transmission characteristic the action of the AAC circuit is taken into account by calculating in an exact way the approximation errors of its transfer function as well as its response to flat gain variations.

3 The line code

In order to guarantee the correct operation of the system some redundancy must be added to the information.
The code which accomplishes this operation must be chosen aiming at the fulfilment of some basic requirements such as a high content of timing information, suppression of the DC component in the coded signal, possibility of in-service error monitoring, high information capacity, little extra complication of the repeaters etc.
A line code of the 4B/3T type has been chosen as a good compromise between information content and coding-decoding hardware complexity; however the block code structure brings the consideration of the framing properties into play.
A special study of the reframing time properties of various 4B/3T codes has led to the development of a new four-mode ternary code (Buchner [4]).
Reference above gives full details of the code properties and in particular shows how the four mode code lends itself in an attractive way to in-service performance monitoring.

4 Basic repeater features

The design of the repeater circuits presents serious problems due to the high speed, large bandwidth of the signal and large cable attenuation.
Monolythic integrated and thin-film circuits have been used wherever possible in order to improve reliability, save space and reduce offset problems (Fig. 3).
The basic repeater building blocks are the equalizing amplifier, the clock recovery circuit, the decision circuit and the output amplifier.
The equalizing amplifier has been realized with thin-film technology and includes two sections, each providing part of the equalization in the feedback path.
The first section consists of three transistors and uses mixed over-all feedback in order to obtain a correctly matched input impedance and keep the noise figure low (less than 3 dB).
The second section uses the above transistor configuration with a parallel-parallel feedback connection.
An active variable equalizer is placed between the two amplifier sections; its wide regulation range (30 dB at the Nyquist frequency) provides the automatic compensation of cable transfer function variations due to temperature changes and dispenses

with the use of lumped cable sections in the majority of cases.
The clock recovery circuit, implemented in thin-film form, comprises a phase-lock loop, preceded by a non-linear circuit to produce a spectral component at the clock frequency (see Fig. 4).
The detection of the equalized signal is performed by a monolythic integrated circuit including two identical detectors, one for positive and the other for negative pulses. The output pulse amplifier delivers pulses of both polarities of 6 V amplitude, 50% duty cycle and rise/fall times less than 2 ns. The circuit, of nonsaturating on-off switching type, combines short switching times and high efficiency.

Error check

An additional feature is the error checking and fault locating system.
Its operating principle is based on the continuous in-service monitoring of the Running Digital Sum (RDS), which is characterized by known minimum and maximum. A simple digital circuit follows the time sequence of the RDS and produces an error indication, i.e. a pulse, whenever the RDS value is outside the allowed range.
The error rate is obtained by counting the errors received in a given time. The logarithm of the error rate is then signalled to the power feeding station, using a carrier below the cutoff of the power separating filters.
Two solutions are under investigation, one using purely analogue circuits and the other purely digital methods. Both are capable of measuring and signalling an error rate range covering five decades. The decision as to which of these two will be used has not yet been made, and depends on a further assessment of costs, reliability and operating features.

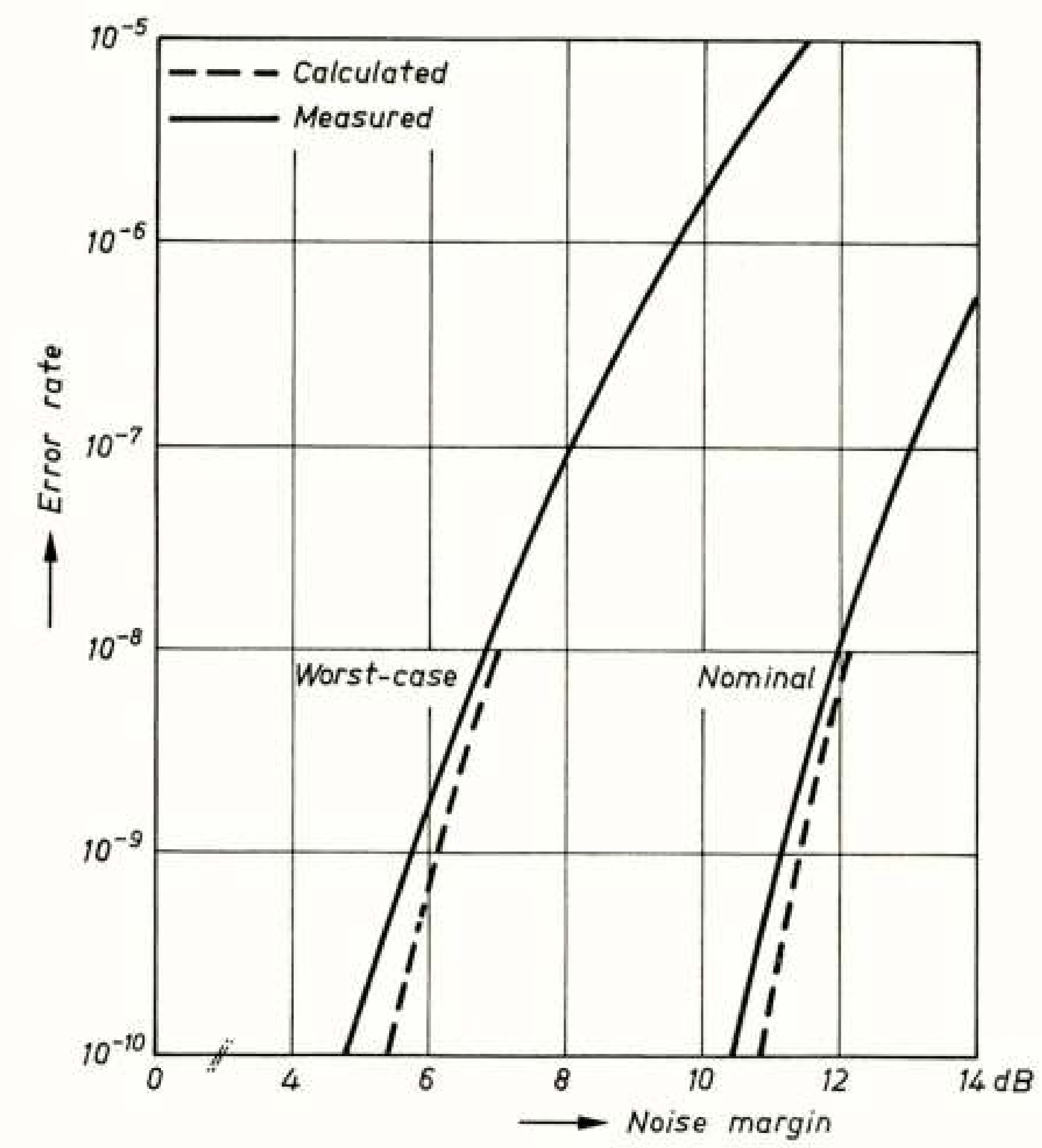


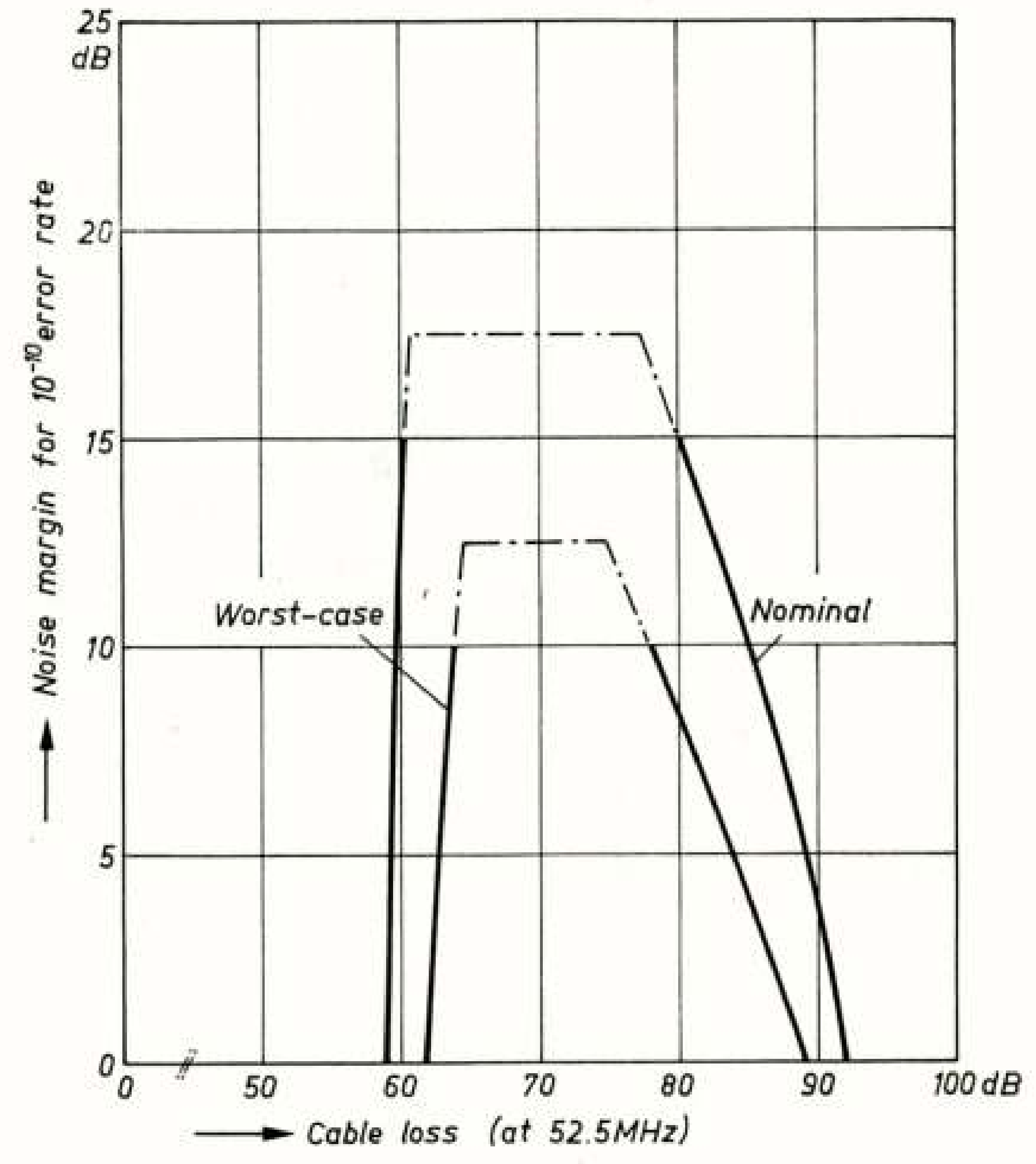
Fig. 5. Calculated and measured error rate as a function of noise margin. Section attenuation 84 dB (2.1 km).

5
Experimental results

A series of measurements have been performed on a repeater section under various operating conditions.
The measuring equipment includes, at the transmit side, a 15 stage pseudorandom binary sequence generator followed by a 4B/3T coder and a pulse amplifier, whose output is identical to that produced by the repeater.

The ternary signal originated in the transmitter is sent along the coaxial cable and regenerated by the repeater; the error rate of the section is measured by the repeater's own monitoring circuit (but using a counter instead of the integrator).
Provision is made for injecting gaussian noise in front of the repeater; the added noise power is calibrated by measuring its value at the input of the decision circuit.

Fig. 6. Measured noise margin for 10^{-10} error rate as a function of the section length



Error rate

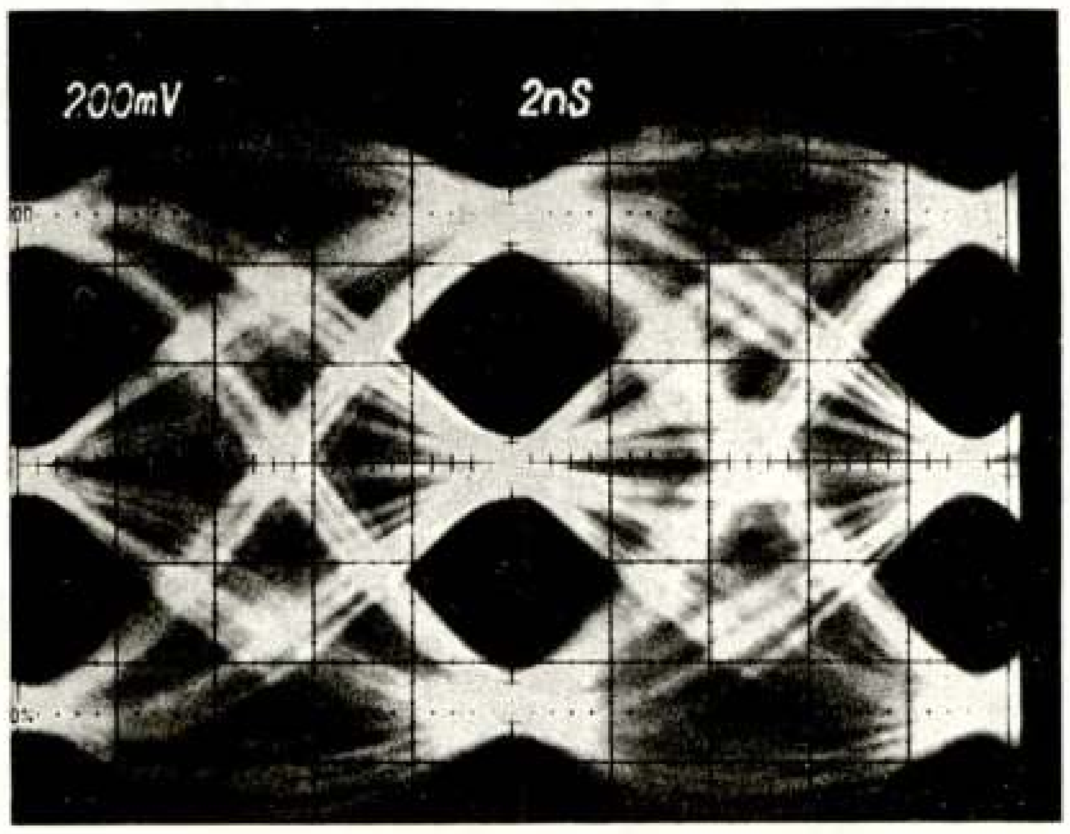
Measurements of error rate as a function of injected noise have been made in nominal and 'worst-case' conditions.
Fig. 5 shows the measured and calculated results corresponding to a section length of 2.1 km.
In order to simulate the expected worst case it is possible to offset the clock and the decision threshold; the amplitude of the transmitted pulse and the gain of the amplifier can also be varied.
The worst-case error density curves have been taken in conjunction with the most unfavorable combination of the following tolerances:

pulse area	± 0.5 dB
amplifier gain	± 0.5 dB
threshold offset	± 10%
timing error	± 0.5 ns

The last two values are different from those taken into account in the calculations because the intersymbol interference due to l.f. cutoff and the phase distortion produced by the AAC are obviously already present in the actual repeater. The curves show a good agreement between calculated and measured results and indicate that the requirements of the very severe target specification have been achieved.
Fig. 6 shows the performance of the repeater in conjunction with various section lengths and illustrates the action of the variable equalizer over a wide range of section attenuation.

From the oscilloscope picture in fig. 7, showing the eye diagram in nominal conditions, it is possible to judge the accuracy of the equalization and the effect of tolerances on the detection.

Fig. 7. Eye diagram at the input of the decision circuit, after the fixed and variable equalizer



6 Editor's note

A lecture based on this paper has been presented at the Conference on Telecommunication Transmission, September, 1975, London, organized by the IEE. It appeared in print in *Telecommunication Transmission*, IEE Conference Publication No. 131. We thank the IEE for kindly allowing us to reproduce the article.

7 References

1 F. A. Lootsma: An ALGOL-60 procedure for constrained minimization via a mixed parametric first order penalty function, *Philips Research Reports*, Suppl. 3, 1970

2 C. Pottle: Rapid computer time response calculation for systems with arbitrary input signals, *NTZ*, Vol. 21, 1968, 705-710 (No. 11)

3 S. Benedetto *et al.*: Error probability in the presence of intersymbol interference and additive noise for multilevel digital sginals, *IEEE Transactions*, COM 21, 1973, 181-190

4 J. B. Buchner: Ternary line signal codes, International Zurich Seminar on Digital Communications, 1974, Zurich, Switzerland. An adapted version of this paper will appear in a forthcoming issue of this Review.

De inhoud van de voordracht van Ir. A.A. Giacometti op 26 februari 1976 bij de Philips Telecommunicatie Industrie B.V. te Huizen gehouden tijdens een gemeenschappelijke vergadering van de NERG (nr.253) de Sectie voor telecommunicatietechniek van het KIvI en de Benelux-section IEEE kwam in grote lijnen met bovenstaand artikel overeen. De redactie stelt het op prijs de gelegenheid te hebben dit artikel over te mogen nemen uit de Philips Telecommunication Review Vol. 33 No. 4 December 1975.

FIXED MOMENTUM WHEEL USING
GREASED SPIRAL GROOVED BEARINGS.

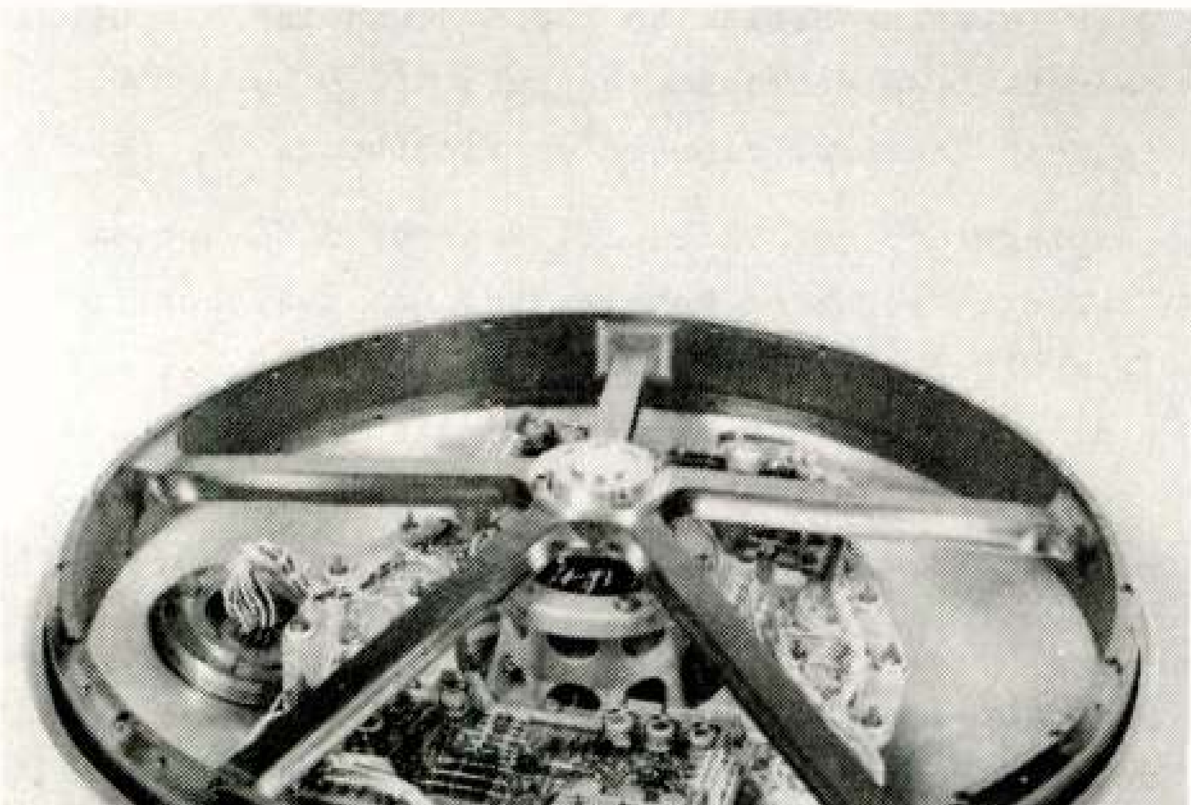
Ir. U. van der Wal.
Hollandse Signaalapparaten B.V., Hengelo (O).

The application of a fixed momentum wheel with hydrodynamic spiral groove bearings and brushless commutation is attractive for communication satellites with high reliability requirements.
Characteristics and performance of such a wheel manufactured in the Netherlands are presented.

Bij de standregeling van satellieten kan een Angular Momentum Wheel (of in het Nederlands: een Impulsmomentwiel) een belangrijk subsysteem vormen.
Voor communicatie-satellieten wordt zo'n Angular Momentum Wheel veelal op een bepaald toerental gehouden, vandaar de naam:

Fixed Momentum Wheel (of FMW).

FOTO 1. (Wheelassy).



Eigenschappen.

In deze vorm wordt dit FMW in Nederland gemaakt.
De belangrijkste ontwerpeigenschappen zijn:

- het lager is een vetgesmeerd spiraalgroeflager of hydrodynamisch lager. Oorspronkelijk is het ontwerp van prof. Muyderman uit Waalre;
- de motor heeft een borstelloze D.C. Commutatie naar een ontwerp van ir. Radziwill uit Aken.

Als electrische en mechanische hoofdeigenschappen zijn te noemen:

Impulsmoment	: 25 Nmsec.
Reactiekoppel	: 0,1 Nm.
Gewicht	: 5,9 kg.
Vermogen	: 17 Watt, $0^{\circ}C$, max. snelheid.

We zullen nagaan hoe deze eigenschappen geformuleerd werden, het wiel ontwikkeld werd en tenslotte gequalificeerd en gefabriceerd.

Historische terugblik sinds 1969.

- Het begon met een opdracht van ESTEC aan Philips. Het was een ontwikkelingsopdracht voor een "reaction flywheel, supported on grease lubricated bearings".
- In de ruimtevaart hecht men zeer veel waarde aan bewezen goede werking van een ontwerp (z.g. evidence).
  Daarom draaien sinds 1969 negen Momentum Wheels in het Philips Research Laboratorium in Waalre om de uitzonderlijke betrouwbaarheid van deze lagers te bewijzen.
- Daarna kreeg Hollandse Signaalapparaten opdracht voor een qualificatieprogramma voor dergelijke FMW's.
  2 wielen werden vervaardigd en aan uitgebreide qualificatietests onderworpen.
- Tenslotte werd in 1974 van MATRA opdracht ontvangen. Dit FMW zal in de OTS-satelliet en de Marots-satelliet worden toegepast.

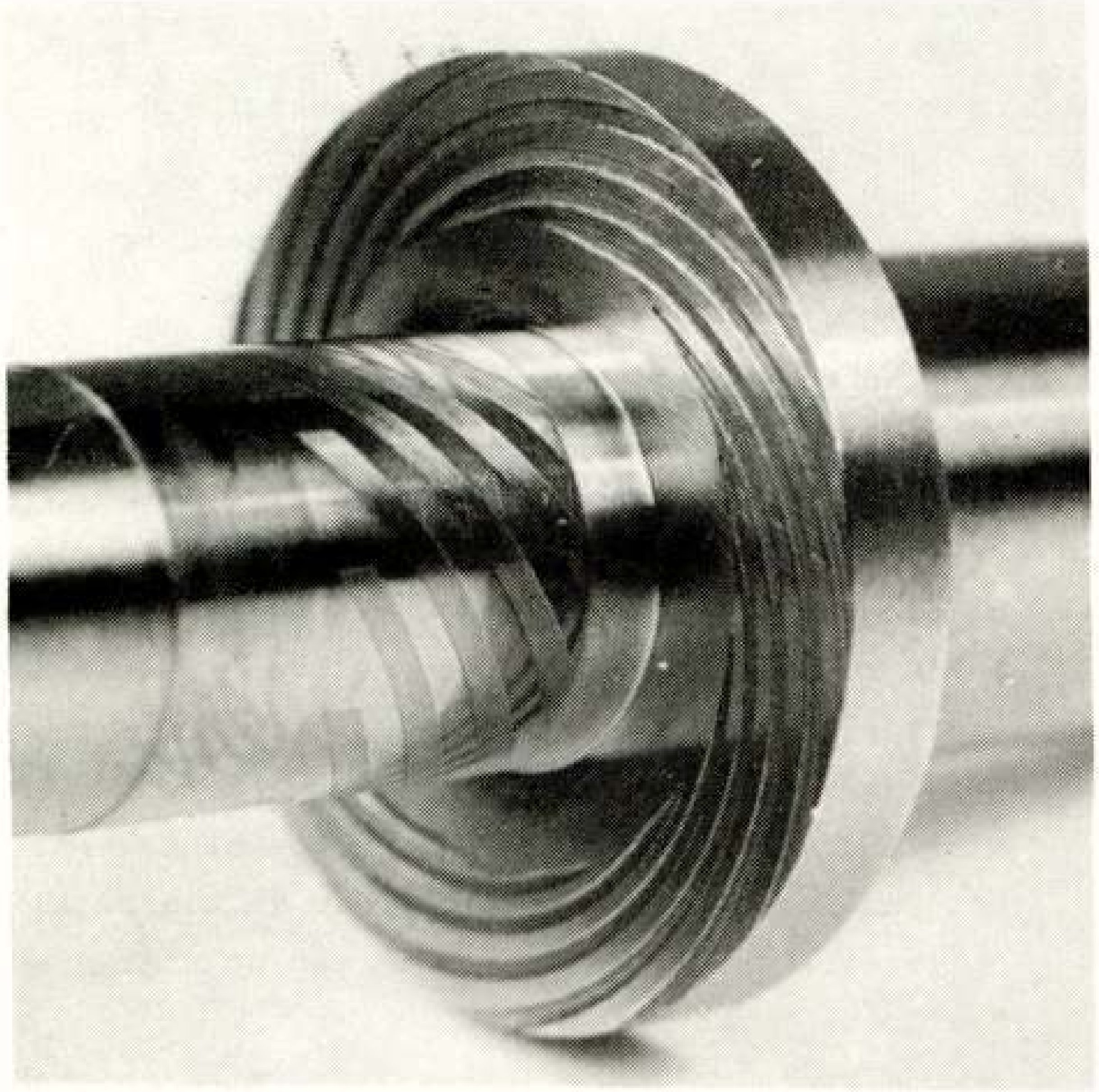
Deze laatstgenoemde toepassing is datgene waar een jarenlange aanloop voor genomen werd.
De oorspronkelijke doelstelling was gericht op Communicatie-satellieten.
Zo'n doelstelling is veelomvattend, we zullen er nu nader op ingaan.

Doelstelling.

De ontwerper van een FMW voor satelliet stabilisatie wordt vaak geconfronteerd met een combinatie van eisen:

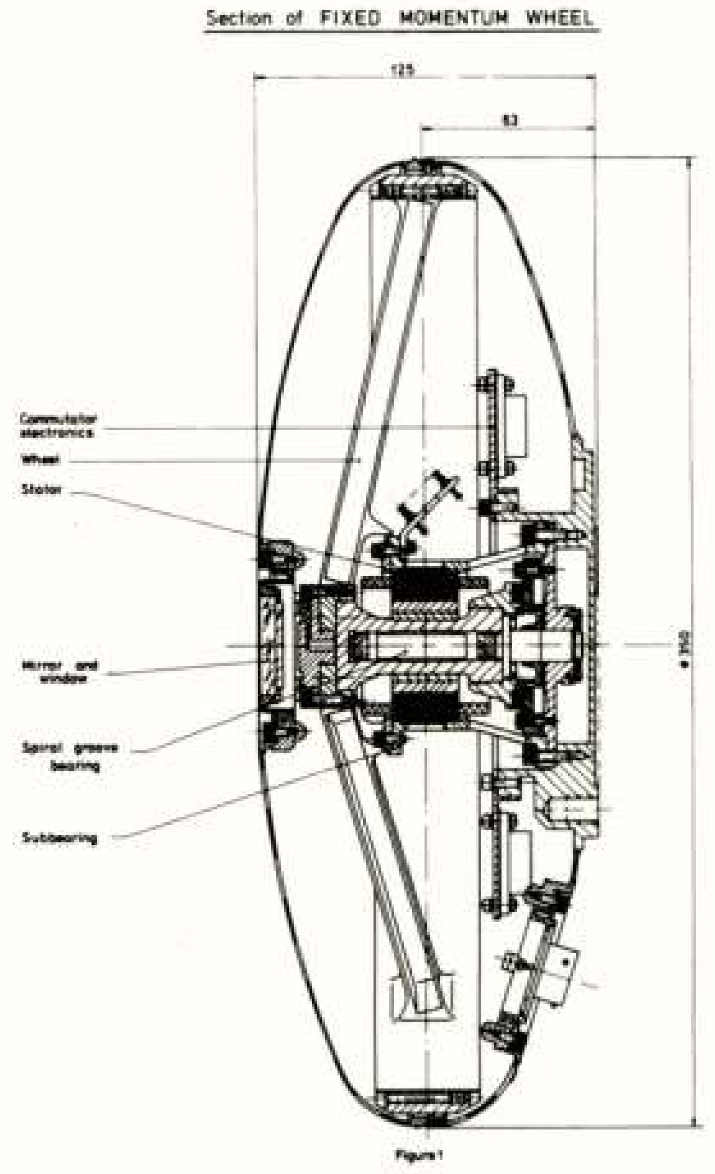
- <u>ten eerste:</u> de hoofdoperationele eisen voor impulsmoment, koppel, benodigd vermogen en gewicht;
- <u>ten tweede:</u> voor Communicatie-satellieten gelden hoge betrouwbaarheidseisen voor een missieduur van 7 tot 10 jaren.
- Verder kunnen nog speciale eisen gelden voor glad lopen als zeer nauwkeurige metingen moeten worden verricht.

FOTO 2. (Spiraalgroeven).



Een uitzonderlijk goede oplossing voor FMW's voor Communicatie-satellieten werd gevonden in het Philips/Signaal wiel, gekenmerkt door hydrodynamische lagering en borstelloze D.C. Commutatie. Hierop wordt bij de evaluatie nog op teruggekomen.

FOTO 3. (tekening).



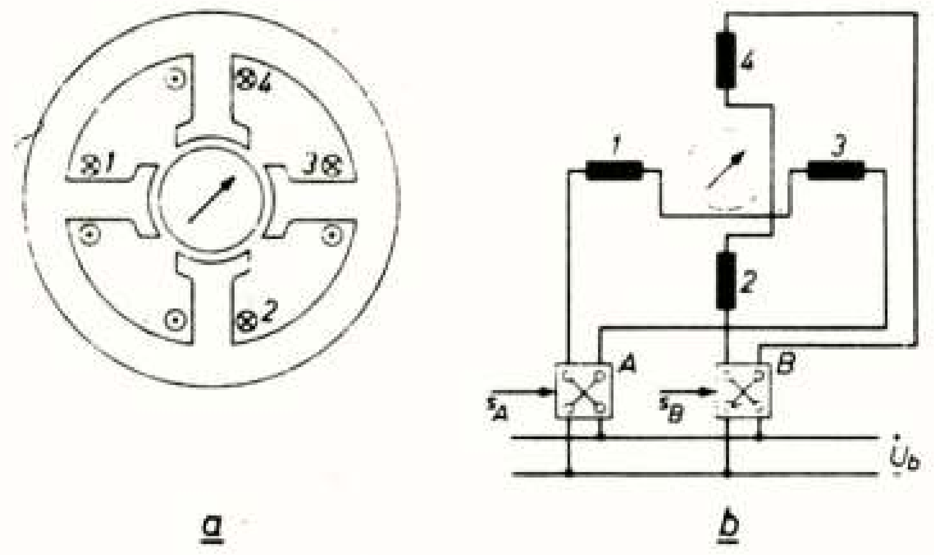
Het ontwerp.

Deze tekening beeldt de hoofdonderdelen als wiel, commutatie-electronica en huis af.
Op deze tekening zijn beter zichtbaar:

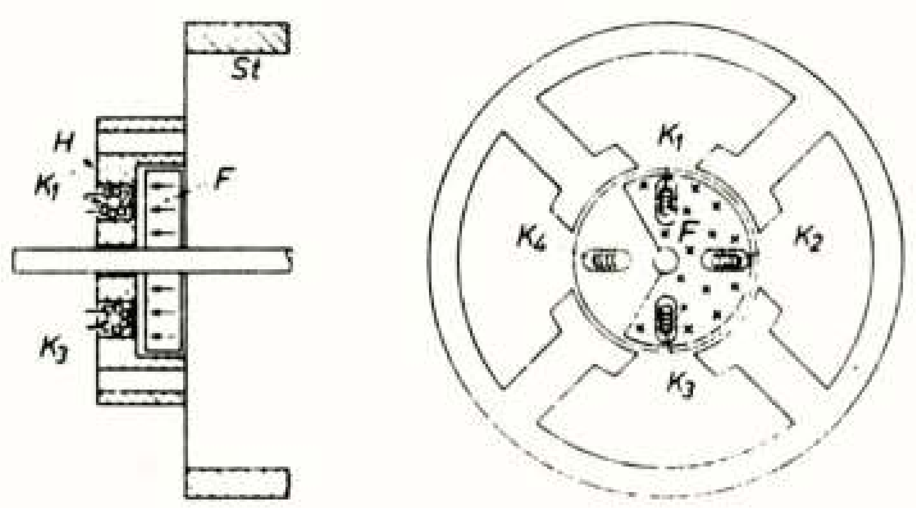
- spiegel op het vliegwiel waarmee de H-vector gemeten wordt en het venster wat daarvoor in het omhulsel nodig was;
- de constructie van het hermetische ingesmolten venster;
- de statorwikkelingen en de rotormagneten;
- het commutator magneetsegment.

Dit magneetsegment commuteert power transistors in de windingen d.m.v. 4 kleine ferrietkernen met wikkelingen.
Deze hebben al of niet een kleine weerstand in een oscillator circuit, afhankelijk van het feit of de ferrietkern in het magneetveld ligt of niet.

FOTO 4. (Radziwill figuur).



Schematic arrangement of the laminated stator and the permanently magnetized rotor, showing the direction in which the armature coils 1 . . . 4 are wound. The arrow indicates the direction in which the rotor is magnetized.
b) Connection of the armature coils to two switching units *A*, *B* (schematic). By means of signals s_A, s_B, coming from the position sensor (or from outside the motor) the switching units are controlled in such a way that they apply the battery voltage U_b to the coils in the required switching sequence.

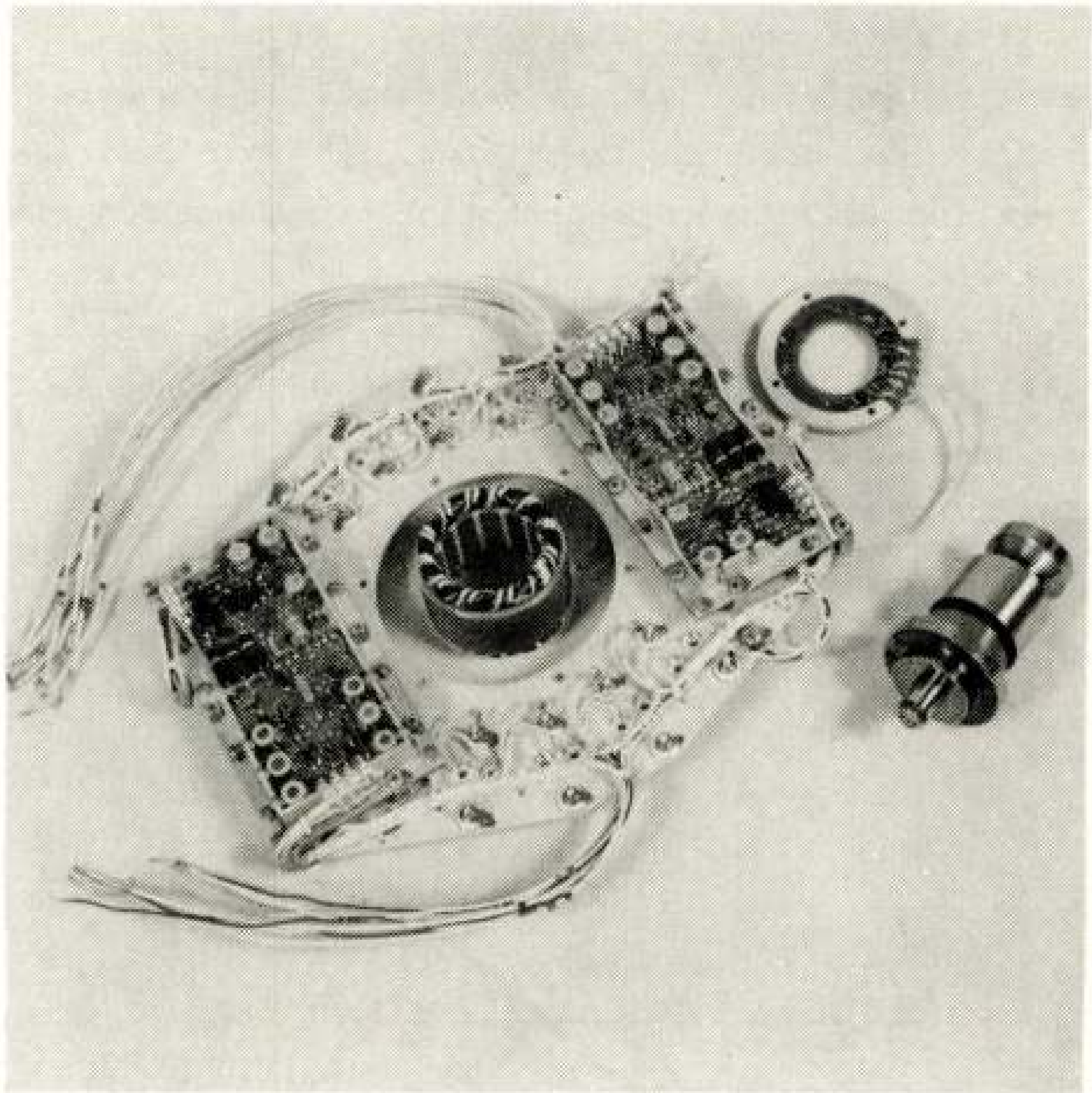


The position sensor. A plastic holder *H* fixed to the stator *St* carries four wirewound toroidal ferrite cores $K_1 \ldots K_4$. An axially magnetized ferroxdure sector *F* fixed to the motor shaft rotates in front of the cores.

De betrouwbaarheid.

Naast de overall performance van het wiel is de betrouwbaarheid van het gekozen ontwerp van groot belang bij de beoordeling.
De volgende bronnen kunnen bijdragen in de onbetrouwbaarheid van het FMW.
Dit zijn:

FOTO 5. (Overzicht onderdelen).



- constructie van het omhulsel
- het lager
- het wiel
- de rotor
- stator en houder
- electr. commutator
- tacho signaal

De overall betrouwbaarheid van het FMW is

$$R_{FMW}(t) = 0{,}955 \text{ over 3 jaar.}$$

Een betrouwbaarheidsstudie is uitgevoerd voor een verbeterde configuratie van de electronische commutator voor grotere betrouwbaarheid R_t, welke voor de commutatie-electronica 0,9577 was over 3 jaren.
De toegenomen betrouwbaarheid en het toegenomen gewicht bij redundante stand-by electronica kan als volgt worden berekend:

	bestaand ontwerp 25 Nmsec.	met stand-by electronica
dissipatie ΔW	0	+ 110 mW
gewicht Δm	0	90 gram
3 jaren	0,95770	0,99085
7 jaren	0,90410	0,96273

De functionele werking.

Een FMW kan een essentiële component in een attitude and orbit control systeem zijn.
Een precessiebeweging van een satelliet kan geleverd worden door een thruster-koppel voor positieregeling om 2 assen loodrecht op de as van rotatie van het FMW.
Regeling om de derde as (de rotatieas van het wiel) kan geproduceerd worden door de motor door versnellen of vertragen van het wiel.
Daarom moet een wiel een koppel produceren proportioneel aan stroom (tan α).

FOTO 6. (Charact. en Controlloop).

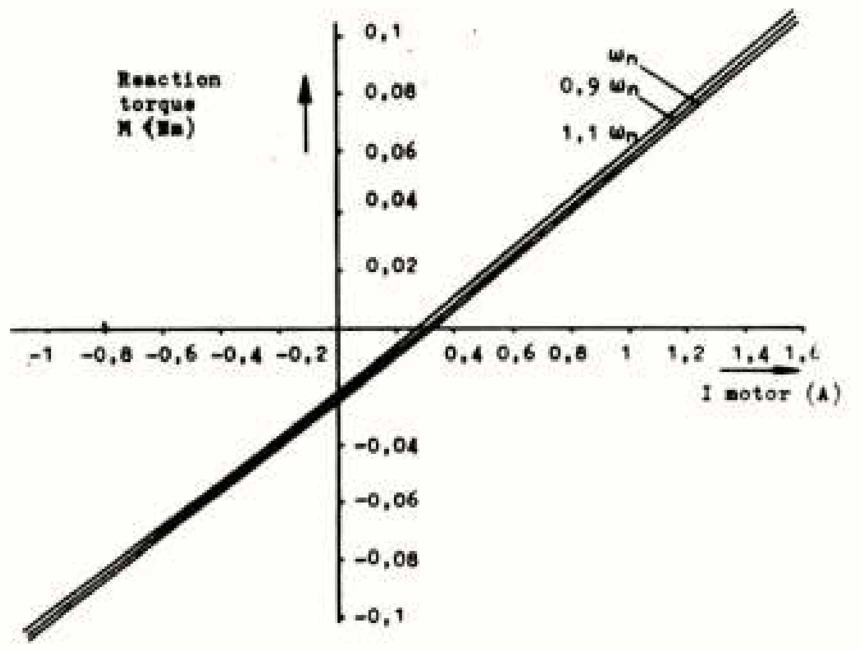
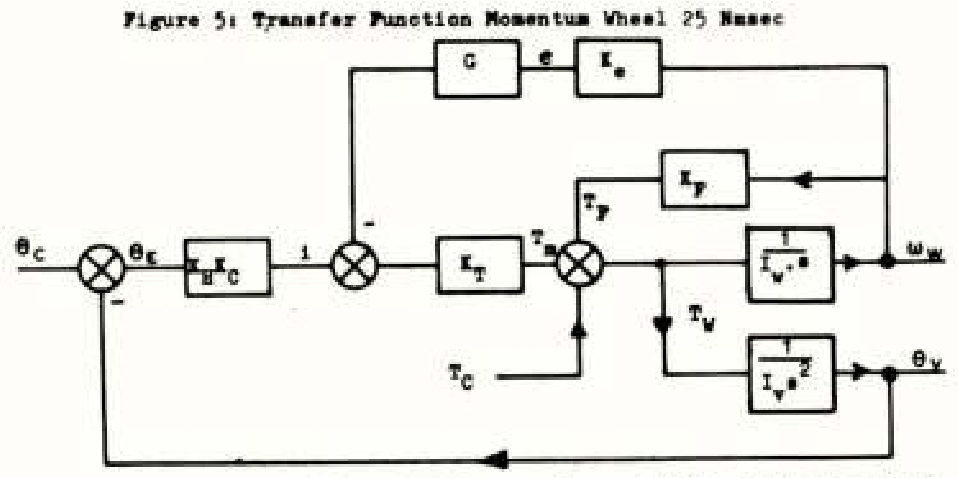


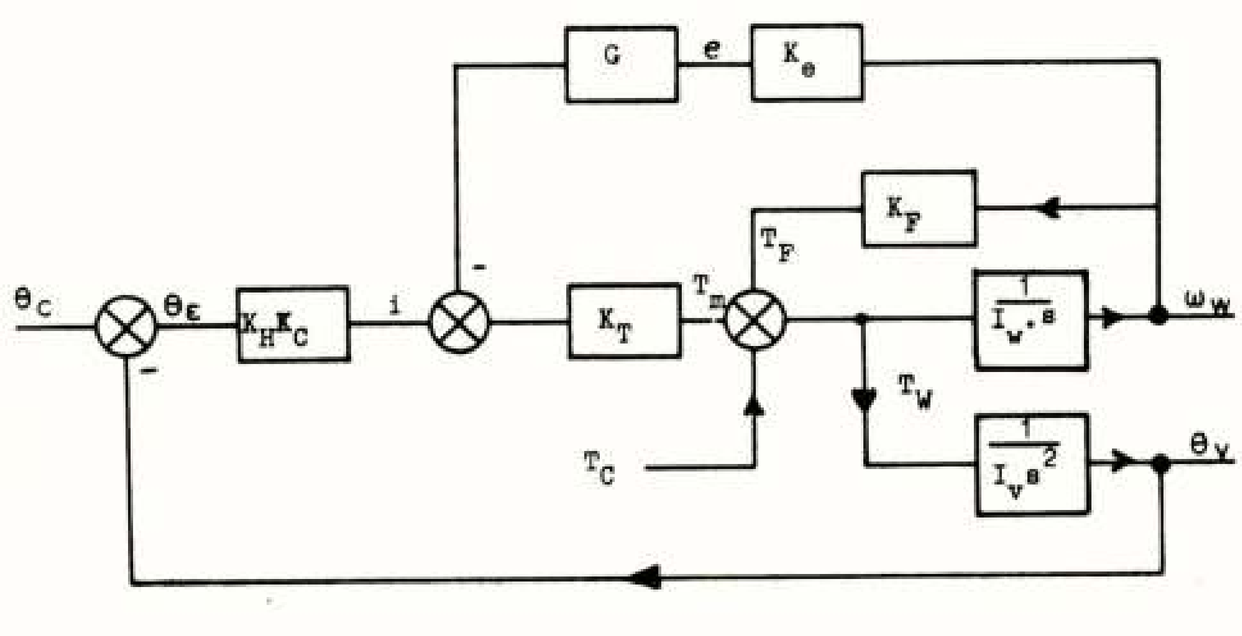
Figure 5: Transfer Function Momentum Wheel 25 Nmsec



Principal diagram for satellite attitude control.

Lagerwrijving is bepalend voor het punt waar de karakteristiek de M-as snijdt (I = 0).
We bezien de karakteristiek van het FMW in relatie tot de regelkring van de gehele satelliet.

De regelkring voor de satelliet-attitude.



Hierin is:

$K_H . K_C$	Gain constante van sensor en controller.
K_T	Motor torque constante.
K_F	Visceuze wrijving constante.
K_e	Motor back emf constante.
G	Current feedback constante.
I_W	Wiel massatraagheid.
I_V	Satelliet massatraagheid.
θ_C	Attitude van satelliet ingestuurd.
θ_V	Satelliet attitude output.
θ_ε	Fouthoek.
e	Motor back emf.
T_m	Motorkoppel.
T_F	Visceus koppel (motor en lager).
T_C	Coulomb wrijvingskoppel.
T_W	Netto wielkoppel op satelliet uitgeoefend.
T_D	Stoorkoppel.
ω_W	Wielsnelheid.

De eigenschappen van het wiel uit de karakteristiek:

- de gradiënt van de karakteristiek
- de wrijving in de karakteristiek (bij I = 0)

zijn in de Controlloop op de volgende punten van invloed:

- de gradiënt van het FMW komt als K_T in de Controlloop (motor torque constante in Nm/A)
- de wrijving, Coulombse en visceuze wrijving komen als T_C en $T_F = K_F . \omega_W$ tot uitdrukking.

De visceuze wrijving van het lager wordt door de temperatuur van de satelliet beïnvloed.
Daardoor verandert het nettokoppel T_W en vervolgens de satellietpositie θ_V, welke via de sensorfouthoek gecorrigeerd wordt.
Door de satellietontwerper is een zorgvuldige servoanalyse van het dynamisch probleem verricht om de vereiste filters te verkrijgen.
Met een breadboard model en een engineering model werden door de satellietfabriek simulaties verricht om deze attitude controlloops zorgvuldig in hun dynamisch gedrag na te gaan.

De evaluatie.

De toepassing van deze wielen in de stabilisatie van satellieten maken een vergelijk met andere technische oplossingen voor Angular Momentum Wheels noodzakelijk.
Om tot een onbevooroordeeld vergelijk te komen wordt geconstateerd dat momenteel de keuze bestaat tussen Angular Momentum Wheels met:

- kogellagers
- hydrodynamische lagers
- magnetische lagers.

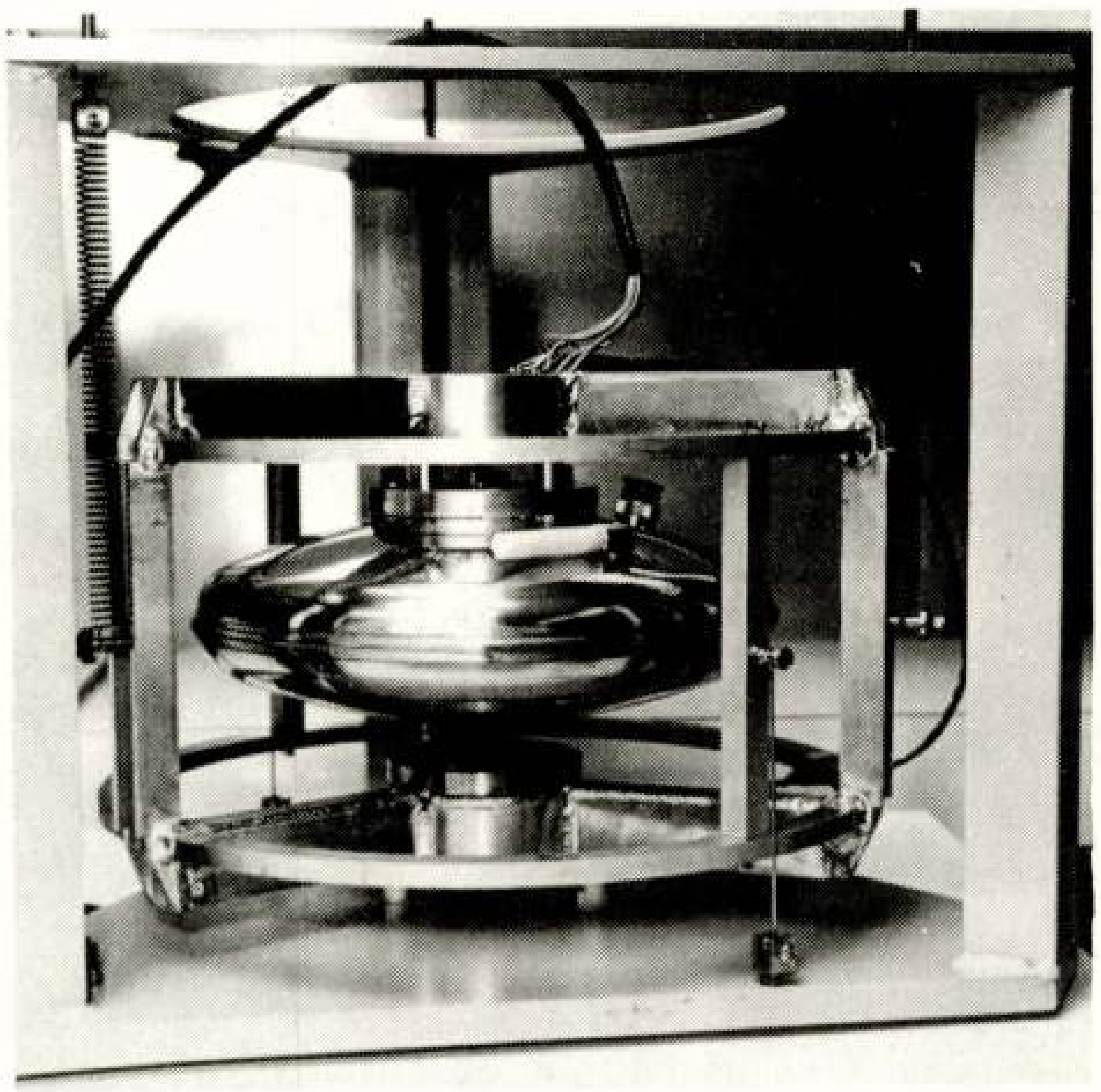
Deze volgorde is een chronologische, de drie principes zijn in verschillende phasen van toepassing, fabricage of ontwikkeling.
In de toekomst zullen meer feiten de richting wijzen welk principe juist is voor welke toepassing op het juiste ogenblik.
Toch kunnen op dit ogenblik reeds de criteria overzien worden welke aangelegd zullen gaan worden.
Voor een FMW voor communicatie-satellieten met name:

- hoofdeigenschappen zoals angular momentum, koppel (gradiënt), benodigd vermogen en gewicht,

maar er zijn een aantal andere eigenschappen welke bepalend zijn met name:

- Betrouwbaarheid: het reliability getal voor een FMW voor communicatiedoeleinden gedurende 7 à 10 jaar.
- Demping : opvallend is de resonantiedemping door het hydrodynamisch lager, de viscosity van het smeermiddel.
  Kogellagers vertonen trillingen met een vrij hoge opslingerfactor.
  Eventuele dempers moeten speciaal aangebracht worden en vormstabiel blijken.
  Bij magnetische lagers moet demping met electronische middelen bewerkstelligd worden, waardoor de betrouwbaarheid ongunstig beïnvloed wordt.
- Glad lopen : door het niet-metallische contact van het hydrodynamische lager blijkt het wiel buitengewoon glad te lopen nadat het goed statisch en dynamisch gebalanceerd is. (Dit in vergelijk met kogellagers).

FOTO 7. (Balanceermachine).



- Lagerstijfheid : de lagerstijfheid van een dergelijk FMW is hoog t.a.v. magnetische lageringen en deze stijfheid wordt zonder electron. componenten bereikt.
  Bij overwegend passieve lageringen is altijd nog wel één actieve lagering noodzakelijk in een magnetisch lager.

Het zal uit het voorgaande duidelijk zijn dat wij vinden dat voor communicatie-satellieten het principe van de hydrodynamische lagering in een FMW het beste is.
De lagertests van prof. Muyderman in vergelijk met een kogellager betrouwbaarheid van $R_e = 0,99$ over 7 à 10 jaar leidt voor een gebruiker tot de conclusie dat 1% betrouwbaarheidsverlies overeenkomt met 1% van de kosten van het satellietprogramma, hetgeen een beslissende factor is die voert tot de gunstige conclusie voor een hydrodynamisch FMW.
Het principe van deze hydrodynamische lagering wordt niet alleen bij ultracentrifuges toegepast, maar kan ook in consumer goods worden gebruikt.
Verwacht kan worden dat dit nog zal bijdragen tot de ontwikkeling van deze geavanceerde technologie.

Systeem integratie.

Op grond van de vorengenoemde eigenschappen werd het FMW met spiraalgroeflagering reeds voor de OTS en Marots gekozen voor toepassing.

Als verdere activiteiten van Signaal op "Space"-gebied kunnen worden genoemd:

- Telemetrie encoder - ANS
- Batterie Control/protection - OTS/Marots
- RF attitude sensor system - Comsat
- On board digital general purpose computer - IRAS
- On board power subsystem - IRAS

REFERENCES.

Bollen, J., 1974, Contractor Report, Estec No. 1798/72 AA.

Koekenberg, J., 1975, Reliability report CKB-750321/J.K.

Muyderman, E.A., 1964, Thesis T.H.Delft.

Muyderman, E.A., July 1967, Journal of Lubr. Techn., 291.

Muyderman, E.A., April 1975, Eur.Space Trib.Symp.

Radziwill, W., 1969, Philips Techn. Review, Vol. 30, 1.7-12.

Reinhoudt, J., 1969, Philips Techn.Review, Vol. 30,1.

Reinhoudt, J., 1970, Lubr. Eng. 26,95.

Reinhoudt, J., 1972, Thesis T.H.Delft.

Wal, van der U., April 1975. Eur. Space Trib.Symp.

Voordracht gehouden op 19 maart 1976 bij ESTEC te Noordwijk, tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (nr. 254) en de Benelux-Section-IEEE.

BRAILLE-APPARATUUR MET MICROPROCESSORS

J.A.H. Snelders en ir. H.A. Spanjersberg
Technische Hogeschool Delft

This project has been started to produce apparature for blind people in several applications, as there are library for the blind, computer output and interactive computing. The choice of a microprocessor as a building block is based on the assumption that in this way it can be achieved that apparature for blind people on a large scale can be distributed at low costs. Several units are described, as there are an edit-station, Braille-printers, a control unit for a specific Braille-printer and a Braille-terminal under development.

INLEIDING

Reeds vele jaren is er op allerlei plaatsen, meestal door technici met kennis van digitale technieken, gewerkt aan hulpmiddelen bij het lezen voor visueel gehandicapten. Hoewel in de meeste gevallen een zeer goed apparaat werd geconstrueerd, is de beschikbaarheid voor een groter aantal gebruikers belemmerd door het gebrek aan produktie-faciliteiten, en een beperkt afzetgebied; de meeste ontwikkelingen vonden nl. plaats in wetenschappelijke laboratoria. De komst van meer geavanceerde bouwstenen in de digitale techniek vergemakkelijkte in zekere zin het vervaardigen van dit soort apparatuur. De introduktie van de microprocessor heeft tenslotte dit effect nog versterkt. Bovendien mag worden verwacht, dat de prijs voor deze categorie bouwstenen binnen enige jaren zo laag zal worden, dat ze ook voor een privégebruiker betaalbaar zijn.

Wij hebben getracht op basis van microprocessors en reeds bestaande Braille-apparatuur een bouwdoos te ontwikkelen, waarmee diverse toepassingen kunnen worden gerealiseerd, daarmee de eerder genoemde remmende factoren, nl. gebrek aan produktie-faciliteiten en beperkt afzetgebied, op te heffen en aldus bij te dragen aan een vergroting van de mogelijkheden voor de visueel gehandicapte mens.

VERSCHEIDENE TOEPASSINGSGEBIEDEN

Het Braille-schrift

Het zou een eindeloze opsomming worden, als getracht werd aan te geven waar het Braille-schrift voor visueel gehandicapten wordt gebruikt, of zou kunnen worden gebruikt: een niet-gehandicapte realiseert zich niet hoe vaak geschreven tekst, al is het maar door korte aanduidingen, wordt gebruikt om een weg te vinden in het maatschappelijk en sociaal verkeer. Het behoeft dan ook geen betoog, dat het Braille-schrift, dat al vele jaren in gebruik is, nog steeds een goede vervanging van het zgn. zwartschrift is, al zijn er ontwikkelingen die een belofte inhouden voor betere hulpmiddelen. Wellicht ten overvloede zij vermeld, dat een Braille-teken bestaat uit een zestal locaties, op elk waarvan het papier tot een bobbeltje kan zijn vervormd, waarbij de locaties zijn gegroepeerd in twee kolommen van drie (zie fig.1.)

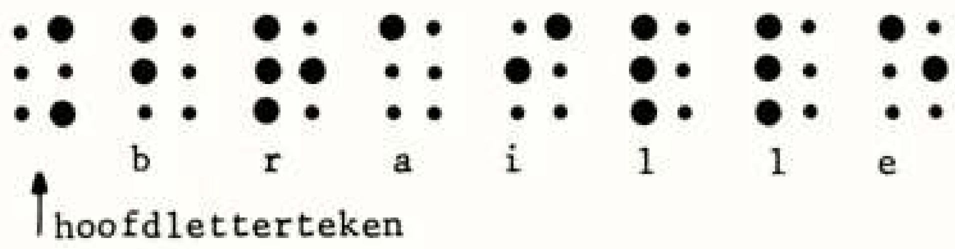


fig. 1

Een drietal toepassingen

Bij de opzet van het projekt hebben wij ons gericht op drie toepassingsgebieden, te weten:

- het vervaardigen van boeken in Braille-druk
- het produceren van computer-uitvoer in Braille-druk
- het toegankelijk maken van interactief computergebruik voor visueel gehandicapten.

Alvorens de bouwstenen die voor deze toepassingen bruikbaar zijn meer in detail te bespreken, is het dienstig aan de toepassingen zelf enige aandacht te besteden.

Het vervaardigen van boeken. In tegenstelling tot de gewone bibliotheken zijn de "blindenbibliotheken" genoodzaakt zelf voor de produktie van hun boeken en tijdschriften te zorgen. Naast de gesproken boeken en tijdschriften, welke op geluidsbanden en cassette-tapes worden verstrekt, vergt de produktie van Braille-druk een enorme inspanning.

Afhankelijk van het gewenste aantal exemplaren, worden verschillende methoden voor het produceren van Braille-schrift gebruikt. Voor grote aantallen wordt de tekst in Braille-schrift in zinkplaten gedrukt, waarna - vergelijkbaar met het drukken van zwartschrift - deze platen in een rotatie-pers worden gemonteerd en de bladen papier worden geperst overeenkomstig het patroon op de zinkplaten. Voor kleinere aantallen exemplaren is deze methode niet lonend, zodat naar andere middelen is omgezien.

Sommige blindenbibliotheken maken gebruik van vrijwilligers die in hun vrije tijd thuis een boek of tijdschrift van zwartschrift omzetten naar Braille-schrift, met behulp van een hand-brailleermachine. Met deze methode kan één exemplaar van een boek of tijdschrift worden vervaardigd; alle volgende exemplaren moeten op dezelfde wijze met de hand worden gebrailleerd. Daarom is er een andere methode van brailleren gevonden, waarbij een of meer brailleermachines -geëlektrificeerd- aan een klavier worden gekoppeld, zodat tegelijkertijd diverse kopieën worden vervaardigd. Beide methoden hebben als nadeel, dat correcties moeilijk zijn aan te brengen, en dat toevoegingen achteraf onmogelijk zijn. Bovendien is in beide gevallen kennis van het Braille-schrift vereist om de apparatuur te bedienen. Een wat geavanceerdere methode is die, waarbij een aantal brailleermachines wordt bestuurd door middel van een informatie-dragend medium, bijv. ponsband.

De laatste twee methoden veronderstellen de beschikbaarheid van een elektrisch bestuurbare brailleermachine. Hiervan bestaan diverse modellen, die vrijwel allemaal zijn geconstrueerd op basis van een hand-brailleermachine. Het elektrificeren bestaat hier uit, dat dan het afdrukmechanisme elektromechanisch wordt bewogen. Bij het maken van de zinkplaten wordt ook meestal van een aantal toetsen gebruik gemaakt, overeenkomend met de hand-brailleermachine. Hierbij zou ook een elektromechanische bediening kunnen worden toegepast, zodat ook het bewerken van de zinkplaten kan worden bestuurd met behulp van een ponsband.

De vraag doet zich nu voor hoe een informatiedrager van de gewenste inhoud wordt voorzien, want als de tekst vanaf een toetsenbord wordt getypt, bestaat de kans op vergissingen. Sommige vergissingen zijn niet ernstig, vanwege de redundantie die er in de taal aanwezig is. Andere vergissingen daarentegen zullen als storend of zelfs als onaanvaardbaar ondervonden worden. Het is derhalve gewenst over een inrichting te kunnen beschikken waarmee het mogelijk is tekst op een informatiedrager te kunnen corrigeren. Deze inrichting, aangeduid als "correctiestation", zal nog nader worden besproken.

Het produceren van computer-uitvoer. De uitvoer van een computer-programma kan voor een visueel gehandicapte, zoals voor ieder ander, van groot belang zijn. Hoewel daarbij in de eerste plaats diegenen geinteresseerd zijn, die een rekenmachine gebruiken bij het verrichten van hun werkzaamheden, behoeft het gebruik niet beperkt te blijven tot deze groep: bij het girale geldverkeer worden de dagafschriften met behulp van computers vervaardigd, polissen van verzekeringsmaatschappijen, etc.

Aangezien het hier om meestal grote hoeveelheden te produceren tekst gaat, zal een geëlektrificeerde hand-brailleermachine niet de vereiste produktiecapaciteit leveren, zodat andere middelen te baat genomen moeten worden. Sommige computer-centra trachten dit probleem op te lossen met de normale regeldrukkers, die door een eenvoudige handgreep zo te wijzigen zijn, dat punten in het papier kunnen worden gedrukt, overeenkomstig de Braille-tekens. De kwaliteit van het aldus verkregen Braille-schrift is doorgaans slecht te noemen, en het schrift vereist nogal wat oefening om juist gelezen te worden. Desondanks biedt dit een, zij het onvolmaakte, goede benadering van het beoogde doel.

Toch doet zich hier de wens gevoelen over een Braille-regeldrukker te kunnen beschikken. Binnen de T.H. Delft wordt aan zo'n regeldrukker gewerkt door de sectie "Fijnmechanische Techniek" onder leiding van prof. D. de Jong. In het kader van deze bijdrage zal hier verder geen aandacht aan worden besteed.

Het toegankelijk maken van interactief computer-gebruik.

Een van de veelbelovende mogelijkheden ter ontplooiing van visueel gehandicapten is het programmeren van rekenmachines. Daartoe dienen dan ook de middelen aanwezig te zijn. Nu is er juist de afgelopen tijd een sterke ontwikkeling te bespeuren geweest in de richting van het interactief computer-gebruik, d.w.z. dat computer en gebruiker elkaar door het stellen en beantwoorden van vragen van de benodigde informatie voorzien. Dit gebruik zal, indien de juiste apparatuur kan worden aangeboden, de visueel gehandicapte ruime mogelijkheden bieden.

Evenals voor de ziende mens, zijn er voor dit soort computergebruik t.b.v. blinden diverse realisatie-vormen beschikbaar, mits de nodige voorzieningen worden getroffen om de informatie van computer naar gebruiker in een aanvaardbare vorm te presenteren; van gebruiker naar computer levert meestal geen problemen op, aangezien de meeste visueel gehandicapten wel kunnen typen.

In de eerste plaats kan een aansluiting op een "openbaar" time-sharing net worden benut. Voor dit doel heeft een aantal firma's een computer opgesteld, op welke de klanten een terminal-aansluiting ter beschikking kunnen krijgen tegen betaling van een abonnementsgeld. Via deze terminal kunnen zij programma's aanbieden ter verwerking op de computer, waarbij de verrekening met de klant geschiedt naar rato van de gebruikte computertijd. Zo'n terminal wordt via een normale telefoonaansluiting met de computer verbonden, waarvoor de normale telefoonkosten verschuldigd zijn. De terminal zelf bestaat meestal uit een verreschrijver, met een modem (modulator/demodulator) voor het omvormen van een digitaal signaal naar een voor het telefoonkanaal aanvaardbaar signaal en omgekeerd.

Met "In house time-sharing" bedoelt men meestal dezelfde faciliteiten, maar dan gerealiseerd binnen een zelfde instituut of bedrijf, waarbij ook de computer binnen deze organisatie is ondergebracht.

Naarmate de beschikbare apparatuur in complexiteit toeneemt, zijn de mogelijkheden tot communicatie met een of meer rekentuigen ook groter en flexibeler. Hierbij kan gedacht worden aan het samenvoegen van de gegevens die afkomstig zijn van een aantal terminals, alvorens die gegevens over een telefoonlijn worden getransporteerd (terminal-concentrator).

BOUWSTENEN

Uit de opgesomde toepassingen kunnen eenheden worden afgeleid, aan welke een beperkte en welomschreven funktie is verbonden. In het ideale geval zouden al deze funktionele eenheden, zij het anders gerangschikt, in elk der toepassingsgebieden bruikbaar zijn. Dit is echter niet het geval. Bij de realisatie van deze funktionele eenheden in elektronische of mechanische componenten kan echter wel een soortgelijke uitwisseling worden nagestreefd, door nl. deze componenten zo veel mogelijk gelijkvormig te houden. Dit pleit voor het gebruik van microprocessors, waarbij de specifieke funktie van de eenheid wordt bepaald door het programma.

Het correctie-station

In de paragraaf over het Braille-schrift werd de wenselijkheid van een correctie-station gemotiveerd. Hoewel ook magneetband-cassettes, floppy disks, etc. als informatiedrager geschikt zijn, wordt in het hierna volgende slechts over ponsband als informatie-drager gesproken, omdat het correctiestation in dit stadium alleen dit medium gebruikt.

Funktionele beschrijving. Een pagina tekst, in Brailleschrift, gekozen als eenheid bij de opzet van het correctie-station, dient door de ponsbandlezer aan het correctie-station te worden toegevoerd. (zie fig. 2.)

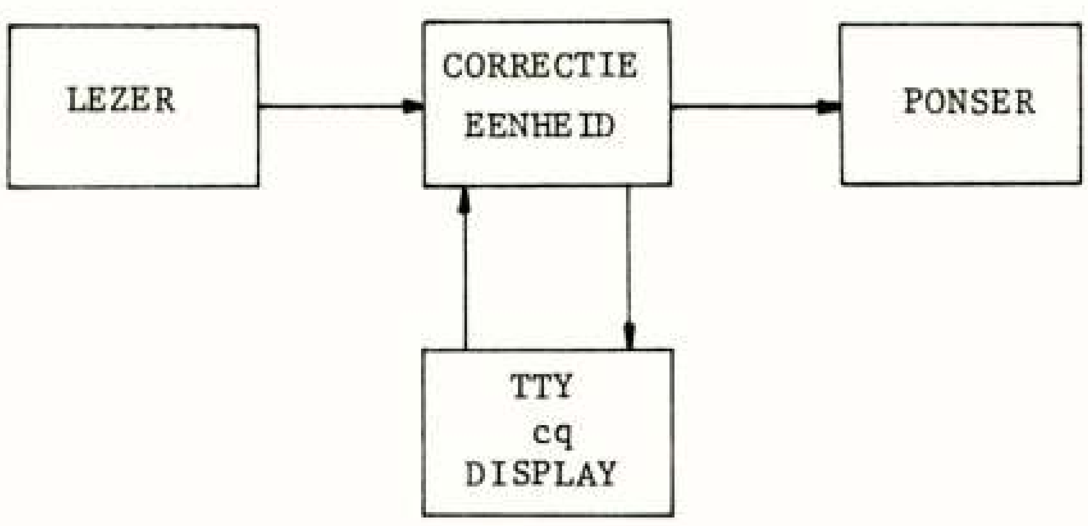


fig. 2

De corrector beschikt over een "console", waarmee de tekst van de ingevoerde pagina zichtbaar kan worden gemaakt, en waarmee opdrachten voor de correctie kunnen worden ingevoerd. Wanneer de pagina in zijn geheel als foutloos wordt beoordeeld, kan de pagina worden uitgevoerd op een ponsbandponser. De opdrachten die de corrector ter beschikking heeft, zijn:

- het bepalen van de code waarin de pagina tekst op de informatie-drager is "geschreven" en de code waarin de tekst na correctie moet worden geschreven op de informatie-drager; deze codes behoeven niet gelijk te zijn; thans zijn de ASCII-code en de Braille M.I.T.-code 1 geïmplementeerd.
- het inlezen van een nieuwe pagina.
- het aanwijzen van de regel, op welke de eerstvolgende correctie moet worden aangebracht.
- het vervangen van tekens of een combinatie van tekens door andere tekens of teken-combinaties.
- het tussenvoegen of weglaten van regels tekst.
- het afbreken van een woord, dat niet (meer) in zijn geheel op een regel past.
- het zichtbaar maken van een gehele pagina.
- het tijdens de correctie zichtbaar maken van een aantal bij elkaar behorende regels.
- het uitvoeren van een foutloos bevonden pagina.

De apparatuur. Het correctie-station is gebouwd met behulp van een microprocessor (Intel 8008), een ponsbandlezer en een ponsbandponser (FACIT), alsmede een verreschrijver (Teletype ASR 33). Voor de werking van de microprocessor zij verwezen naar de desbetreffende handboeken 2 . De microprocessor kan van twee soorten geheugen gebruik maken: een "dood" geheugen, waaruit slechts "gelezen" kan worden, en een werkgeheugen, waarin ook "geschreven" kan worden. Het dode geheugen is met speciale hulpmiddelen opnieuw te beschrijven (RPROM). In het "dode" geheugen is de programmatuur voor het correctie-station aangebracht, terwijl het lees/schrijfgeheugen wordt gebruikt om een pagina tekst op te slaan en om de ingevoerde opdrachten en de aangebrachte wijzigingen te "onthouden". Het programma beslaat ongeveer 4K woorden van 8 bits en de ruimte om tekst e.d. op te slaan bevat ongeveer 2K woorden, eveneens van 8 bits lengte.

Wanneer de keuze voor een microprocessor opnieuw zou moeten worden gedaan, zouden andere dan puur technische argumenten de keuze kunnen bepalen, aangezien er geen speciale eisen aan snelheid of instructie-pakket behoeven te worden gesteld.

De programmatuur. Het programma voor de correctie-eenheid is opgebouwd uit vier modules, te weten:

- een invoer-programma
- een code-omzetter
- een correctie-programma
- een uitvoer-programma.

Het invoerprogramma zorgt voor het inlezen van de tekst door middel van de ponsbandlezer en zet deze tekst al of niet via de code-omzetter in het geheugen, waardoor een grote flexibiliteit wordt verkregen ten aanzien van de gebruikte codes.

Het correctie-programma werkt op tekst in de ASCII-code, zodat alle andere codes bij het invoeren moeten worden omgezet naar de ASCII-code. Tijdens het inlezen van een pagina tekst, dient het invoerprogramma na te gaan, of de omvang van de tekst wel aan de gestelde normen voldoet. Gezien de grote variëteit aan papierformaten, zijn deze normen instelbaar gemaakt, met als maxima 34 karakters per regel en 31 regels per pagina. Zijn er te veel karakters voor een regel, wat kan voorkomen als bijv. naar een kleiner papierformaat wordt overgegaan, dan wordt geen afbreking verricht, maar worden alle karakters die na de laatste spatie zijn ingelezen naar het begin van de volgende regel overgebracht. Is het ingestelde aantal regels bereikt, dan wordt de invoer gestopt, omdat dan wordt verondersteld, dat de pagina geheel is ingelezen.

Hierna komt het correctie-programma in werking. Dit programma is in principe gelijk aan de "editor" die in vrijwel alle gevallen als vaste programmatuur bij een rekentuig wordt meegeleverd. Er zijn echter wat afwijkingen t.o.v. de gewone "editors" in verband met het speciale karakter van de informatie, waarop het correctie-programma wordt toegepast. In de tekst van een computer-programma vormen de regels meestal op zichzelf een opdracht, en hebben de opeenvolgende regels geen syntactische verbintenis, hoewel de opeenvolging uiteraard niet onverschillig is voor de betekenis van het programma. In gewone tekst vormen niet de regels een zelfstandige eenheid, maar de zinnen, zodat een verandering in een regel kan "doorwerken" in een of meer opvolgende regels.

Een pagina tekst wordt, zoals reeds is vermeld, in het geheugen gezet, in de zgn. paginabuffer (zie fig. 3).

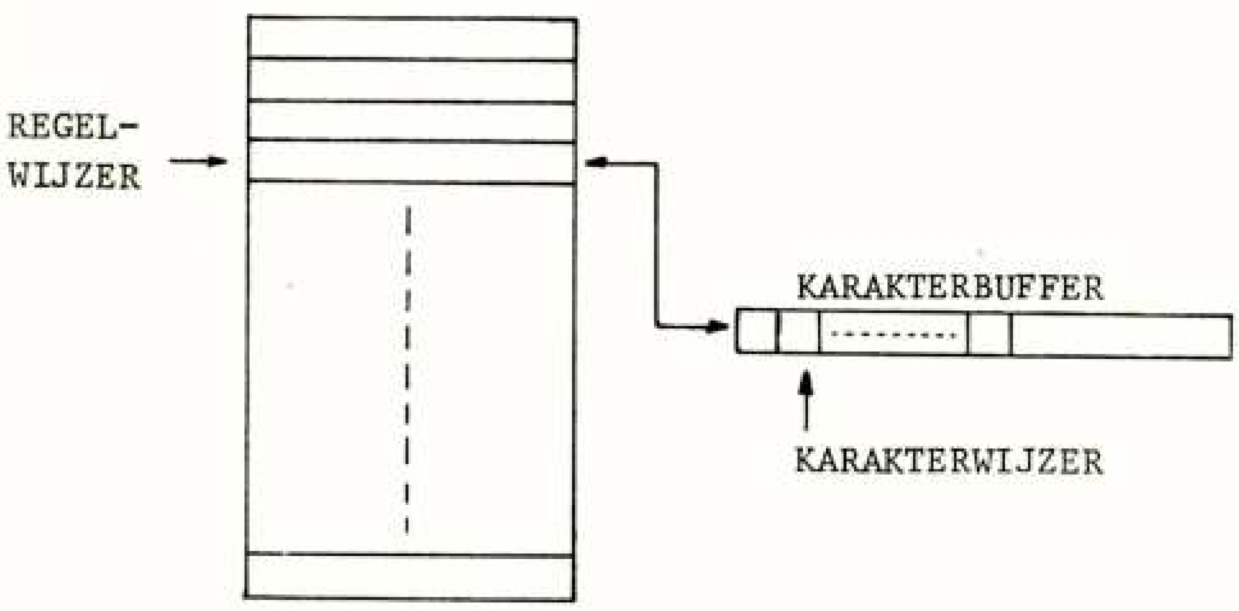


fig. 3

De regel waarop een correctie moet worden uitgevoerd, wordt uit de paginabuffer in de "regelbuffer" geschreven (de regel wordt bepaald door de "regelwijzer"). De plaats waar de correctie begint, wordt aangewezen door de "karakterwijzer". Beide wijzers worden met behulp van de opdrachten door de corrector ingesteld. Moeten er nu een of meer karakters in een regel worden toegevoegd, dan worden alle karakters vanaf de karakterwijzer even zoveel plaatsen opgeschoven, en de gewenste karakters op de aldus vrijgekomen plaatsen gezet. Er bestaat nu een kans, dat de maximale regellengte, ingesteld door de corrector, wordt overschreden, hetgeen i.v.m. de afdrukbaarheid van de tekst niet kan worden toegelaten. Hiertoe wordt nu de regelbuffer in lengte verdubbeld, zodat een "overloop" naar de volgende regel kan worden opgevangen. Nu doet zich echter het probleem gevoelen van het afbreken van woorden: om het correctie-programma niet al te ingewikkeld en omvangrijk te maken, hebben wij afgezien van een automatische afbreking, te meer omdat dan nog altijd zo'n 5% van alle af te breken woorden "met de hand" moeten worden verdeeld. Wel is het programma de corrector behulpzaam bij het afbreken van de woorden, want als een woord niet meer in zijn geheel op een regel past (m.a.w. als er meer karakters zijn dan in de eerste helft van de regelbuffer beschikbaar), worden alle tekens van dat woord in de tweede helft van de regelbuffer gezet. In de weergave naar de corrector wordt dit op overeenkomstige wijze gepresenteerd, zoals aangegeven in fig. 4.

BRAILLOMATIC EN.....BANDPONSER...* 02

CORRECTIE:
BA > PONSBA

BRAILLOMATIC EN.................* PONSBANDPONSER 13

AFBREKEN:
PONSBANDPON-

BRAILLOMATIC EN.....PONSBANDPON-.* SER 00

fig. 4

Als extra informatie wordt aan de corrector bericht hoeveel lege plaatsen er nog zijn in de eerste helft van de regelbuffer. Met behulp van deze informatie kan de corrector bepalen of er afgebroken dient te worden, en zo ja op welke plaats. Wanneer dit aan het correctie-station is "meegedeeld", wordt het eerste gedeelte van het af te breken woord terug gezet naar de eerste helft van de regelbuffer, en het resterende deel wordt opgeschoven naar het begin van de tweede helft van de regelbuffer. Wordt nu de volgende regel aangewezen, dan plaatst het correctie-programma de regelbuffer terug in de pagina, verhoogt de regelwijzer, schuift de inhoud van het tweede deel van de regelbuffer naar het eerste deel en voegt daar aan toe de karakters die in de aangewezen regel van de paginabuffer staan.

Het nadeel van deze werkwijze is, dat soms een flink aantal regels moet worden doorlopen om een kleine

wijziging aan te brengen. De mogelijkheid bestaat echter om aan het correctie-programma een automatisch afbreekprogramma te verbinden, wanneer de door ons gerealiseerde werkwijze onaanvaardbaar veel tijd in beslag zou nemen.

Evenals bij de regels het aantal karakters te groot kan worden, bestaat er per pagina een kans dat het aantal regels te groot wordt: de laatste regels van de oorspronkelijke pagina moeten dan doorgeschoven worden naar de volgende. Daartoe is de paginabuffer groter gemaakt dan strikt noodzakelijk voor één pagina.

Is een pagina correct bevonden, dan komt het uitvoerprogramma in werking, dat al of niet via de codeomzetter zorg draagt voor het uitvoeren van de tekst in de gewenste code. Opgemerkt dient te worden, dat overeenkomstig het inlezen, ook het uitvoeren per gehele pagina dient te geschieden.

Braille-drukker

Verschillende toepassingen vereisen ook verschillende drukkers: bij grote hoeveelheden zijn snelle, en dus dure, regeldrukkers vereist en voor kleine hoeveelheden kan worden volstaan met een geëlektrificeerde handbrailleermachine. Zoals reeds vermeld, valt de categorie Braille-regeldrukkers buiten het kader van dit artikel, omdat de aandacht is gericht op goedkope apparatuur.
In de categorie geëlektrificeerde hand-brailleermachines verdienen drie typen enige aandacht:

- de "Braillomatic", een door de afdeling "Adaptatie" van "Het Dorp" ontwikkelde machine.
- de door T.N.O. geëlektrificeerde machines t.b.v. de Nederlandse Blindenbibliotheek.
- de door P.T.T. (dr. Neherlaboratorium) ontwikkelde machine.

Het eerste type kan slechts losse bladen bedrukken, terwijl de beide andere typen papier van een rol kunnen verwerken, de laatste zelfs met "pin-feed" en geperforeerde pagina-vouw. Desondanks hebben wij voor het eerste type gekozen, omdat er reeds 75 machines van dit type in gebruik zijn, en er nog eens 25 van in produktie zijn. Daarbij komt de relatief lage prijs. Het nadeel van de verwerking van losse bladen is niet significant voor de geschetste bibliotheek-toepassing. Voor computer-uitvoer zijn "ketting-formulieren" gewenst.

De Braillomatic. De Braillomatic is gebaseerd op een hand-brailleermachine van het fabrikaat "Perkins". Om de zes mogelijke puntjes van een Braille-teken te kunnen "aanslaan" en om de spatie te kunnen aanbrengen, heeft zo'n hand-brailleermachine meestal 7 toetsen. De afdrukkop , die over een rail kan worden verplaatst, bestaat uit twee blokjes, tussen welke het papier wordt geklemd gedurende een aanslag op de toetsen. Het ene blokje is voorzien van zes pennen, die in zes overeenkomstige uithollingen -in het andere blokje aangebracht- passen, waardoor de gewenste vervorming van het papier wordt verkregen. Bij het elektrificeren waren dus 7 elektromagneten nodig om een Braille-teken te laten afdrukken. Maar bovendien moest een motor worden aangebracht voor het verdraaien van de papierrol en een afzonderlijke motor voor het terugzetten van de afdrukkop.

De signalen die dit geheel moeten besturen zijn allereerst de 6 signalen voor het Braille-teken, een signaal voor de spatie, een voor het terugvoeren van de afdrukkop ("Terugloop wagen" als anachronisme uit de tijd van de lopende wagens bij schrijfmachines), een signaal voor het opvoeren van het papier ("Nieuwe regel") en, voor minimale correctie-faciliteiten, een signaal om de afdrukkop één plaats terug te zetten: de laatst getypte letter kan dan nl. weer worden "plat" geslagen en op diezelfde plaats kan een ander Braille-teken worden gedrukt. In totaal zijn er 10 signalen nodig om de Braillomatic te besturen.

Als er maar voor wordt gezorgd, dat aan de specificaties van die tien signalen wordt voldaan, kan op elke gewenste manier de Braillomatic worden bestuurd. In de oorspronkelijke opzet was dit met een toetsenbord waarop de letters in "zwartschrift" staan aangeduid, met daarbij een aantal specifiek voor Braille-schrift benodigde tekens (hoofdletter-teken bijv.). Het klavier van de Braillomatic bevat 67 toetsen. In het toetsenbord zelf is een diodematrix aangebracht, om de bij een toets behorende Braille-code weer te geven, voor zover het Braille-tekens betreft. De overige toetsen verzorgen het bijbehorende besturingssignaal.

Het aanpassen van de Braillomatic. Uit het voorgaande blijkt, dat de Braillomatic zich in principe uitstekend leent voor een besturing d.m.v. ponsband, cassette of iets dergelijks, want "slechts" het besturende apparaat moet van zodanige uitgangen worden voorzien, dat wordt voldaan aan de specificaties van de 10 voor de Braillomatic benodigde signalen.

Maar toch is dat niet alles, want door de eigenschap, dat de Braillomatic slechts een enkel blad papier kan bedrukken, moet er aan het eind van elke pagina voor worden gezorgd, dat het invoer-medium (ponsband) wordt gestopt, om zodoende tijd beschikbaar te krijgen voor het inleggen van een nieuw blad papier, na welke handeling het invoer-medium door mag gaan met het lezen van de tekst. Aangezien er geen terugmelding is van de Braillomatic dat een bladzijde volledig is bedrukt, moet deze signalering bij het maken van de ponsband (c.q. beschrijven van de cassette) al worden aangebracht. Hiervoor is het teken EOP (end of page) gekozen. Dit teken behoeft niet te worden afgedrukt op de Braillomatic, maar moet wel in de ponsband worden geplaatst, en zou derhalve als een 11e signaal moeten worden ingevoerd.

Dit zou grote nadelen hebben, gezien de reeds aanwezige pluggen en kabels voor 10 signalen. Daarom is gezocht naar een andere oplossing, welke gevonden is in de combinatie van "Terugloop wagen" en "Nieuwe regel" tot één signaal EOL (end of line), waardoor een signaal voor EOP beschikbaar kwam.

Een andere mogelijkheid was geweest om de funktie "back space", waarbij de afdrukkop een plaats terug wordt gezet, te laten vervallen, omdat deze funktie toch niet gebruikt wordt bij ponsbandsturing, daar we er van uitgaan dat foutloze banden worden aangeboden. Het laten vervallen van "back space" heeft als nadeel, dat er een verschil in aansluitingen zou gaan optreden tussen handbediening en ponsbandbesturing.

Besturingseenheid

Er is een besturingsschakeling ontworpen voor de Braillomatic, die twee funkties kan vervullen (fig. 5), nl. het prepareren van een ponsband door het intypen van de gewenste tekst en het afdrukken van de geprepareerde ponsband, eventueel na correctie, op de Braillomatic.

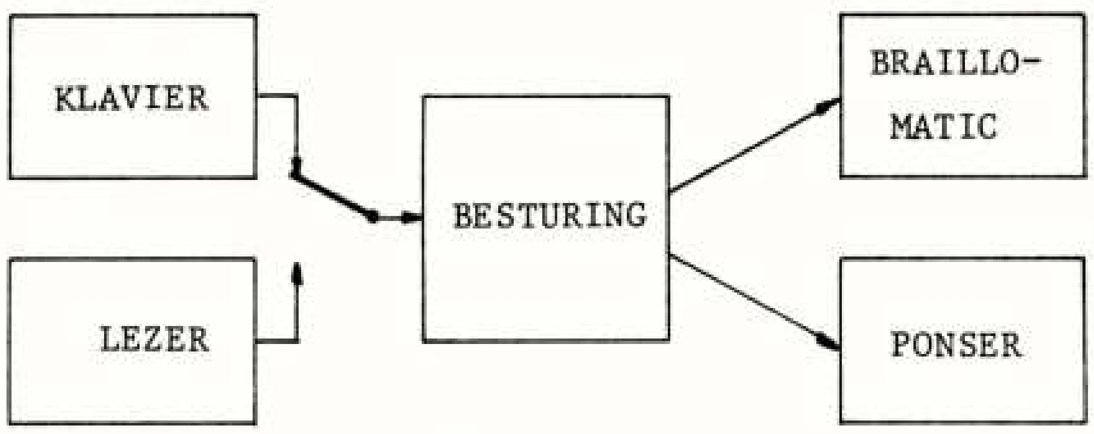


fig. 5

Funktionele beschrijving. Voor beide modes zijn er enige aspecten waarmee rekening dient te worden gehouden bij de organisatie van de besturingseenheid. In de eerste mode, wanneer de tekens van het klavier naar de bandponser moeten worden gebracht, eventueel parallel daaraan van klavier naar Braillomatic -teneinde een afschrift van het ingetypte te hebben-, dient het toetsenbord te worden geblokkeerd, als:

- er na 33 karakters niet een EOL-teken of een EOP-teken wordt gegeven; anders zou de maximale regellengte worden overschreden.
- er na 29 EOL-tekens, gevolgd door maximaal 33 andere tekens, niet een EOP-teken wordt aangeslagen; er kunnen niet meer dan 29 regels op een bladzijde.
- de toets EOP wordt ingedrukt; van deze blokkering moet de toets EOL worden uitgezonderd, omdat hiermede de mogelijkheid kan worden geboden om een nieuwe pagina te beginnen, met de afdrukkop in de beginstand; het indrukken van de toets EOL dient de blokkering dus op te heffen.

Voorts dient het toetsenbord gedurende een korte tijd te worden geblokkeerd na het indrukken van elke toets, om te voorkomen dat er met een te grote snelheid tekens worden getypt, waardoor er tekens verloren zouden gaan vanwege de geringe snelheid van de Braillomatic.

Voor het geval een EOL-teken of een "back-space" wordt aangeslagen, dient het toetsenbord geblokkeerd te worden gedurende het transport van de afdrukkop.

In de tweede mode, van ponsband naar afdrukeenheid, zijn de volgende punten van belang:

- wanneer het karakter EOL wordt gelezen, dient de ponsbandlezer te worden gestopt gedurende de tijd dat de afdrukkop in beweging is; omdat een signalering in de Braillomatic ontbreekt, die aangeeft dat de afdrukkop in de beginstand is gekomen, moet voor de blokkeringstijd de tijd genomen worden welke nodig is om de kop van het einde van de regel terug te brengen naar de beginstand.
- wanneer het karakter EOP wordt gelezen, dient de ponsbandlezer te worden gestopt, omdat er gelegenheid moet zijn een nieuw blad in te leggen; om met een nieuwe bladzijde te kunnen doorgaan is er een toets "START" op de besturingseenheid aangebracht.
- blanke aanloopstukken van ponsbanden moeten bij het inlezen worden genegeerd.

Implementatie van de besturingseenheid. Alvorens wat nader in te gaan op de realisatie van de besturingseenheid, dient te worden opgemerkt, dat de Braillomatic in eerste instantie was ontworpen voor handbediening, zij het langs elektrische weg. De gemiddelde aanslagsnelheid zal beduidend onder de 5 à 6 karakters per seconde liggen, wat de maximale afdruksnelheid van de Braillomatic is. En omdat die aanslagsnelheid lager is dan de maximale afdruksnelheid, verkeren de elektromagneten gedurende bepaalde perioden in "rust", zodat de energiedissipatie de maximaal toelaatbare dissipatie niet overschrijdt. Wordt, in het geval van ponsbandbesturing, het aantal (schijnbare) aanslagen opgevoerd, dan bestaat het gevaar dat door een bepaalde volgorde van karakters een of meer elektromagneten gedurende een te lange tijd bekrachtigd worden, waardoor beschadiging zou optreden. Het is derhalve zaak om de duur van de bekrachtiging te beperken, bij handhaven van de maximale afdruksnelheid. Anderzijds mag de duur van de bekrachtiging niet te kort zijn, omdat anders de kwaliteit van het afdrukken achteruit zou gaan. Het is gebleken, dat de houdtijd tot ongeveer een derde kan worden teruggebracht.

In fig. 6 is een blokschema gegeven van de besturingseenheid. Een schakelaar verzorgt de keuze tussen ponsbandlezer en klavier als invoer-medium. Van de ponsbandlezer worden de kanalen 1 t/m 6 gebruikt voor de Braille-tekens (waarbij een kanaal overeenkomt met een locatie, zie fig. 1). terwijl kanaal 7 wordt gebruikt voor pariteitscontrôle. Kanaal 8 dient om aan te geven, dat het van de ponsband gelezen karakter niet een Braille-teken maar een besturingskarakter (EOL, EOP e.d.) voorstelt. Het blok"ingangen" verzorgt het aanpassen van de signalen die uit de ponsbandlezer komen, aan de signalen die uit het klavier komen, zodat het voor

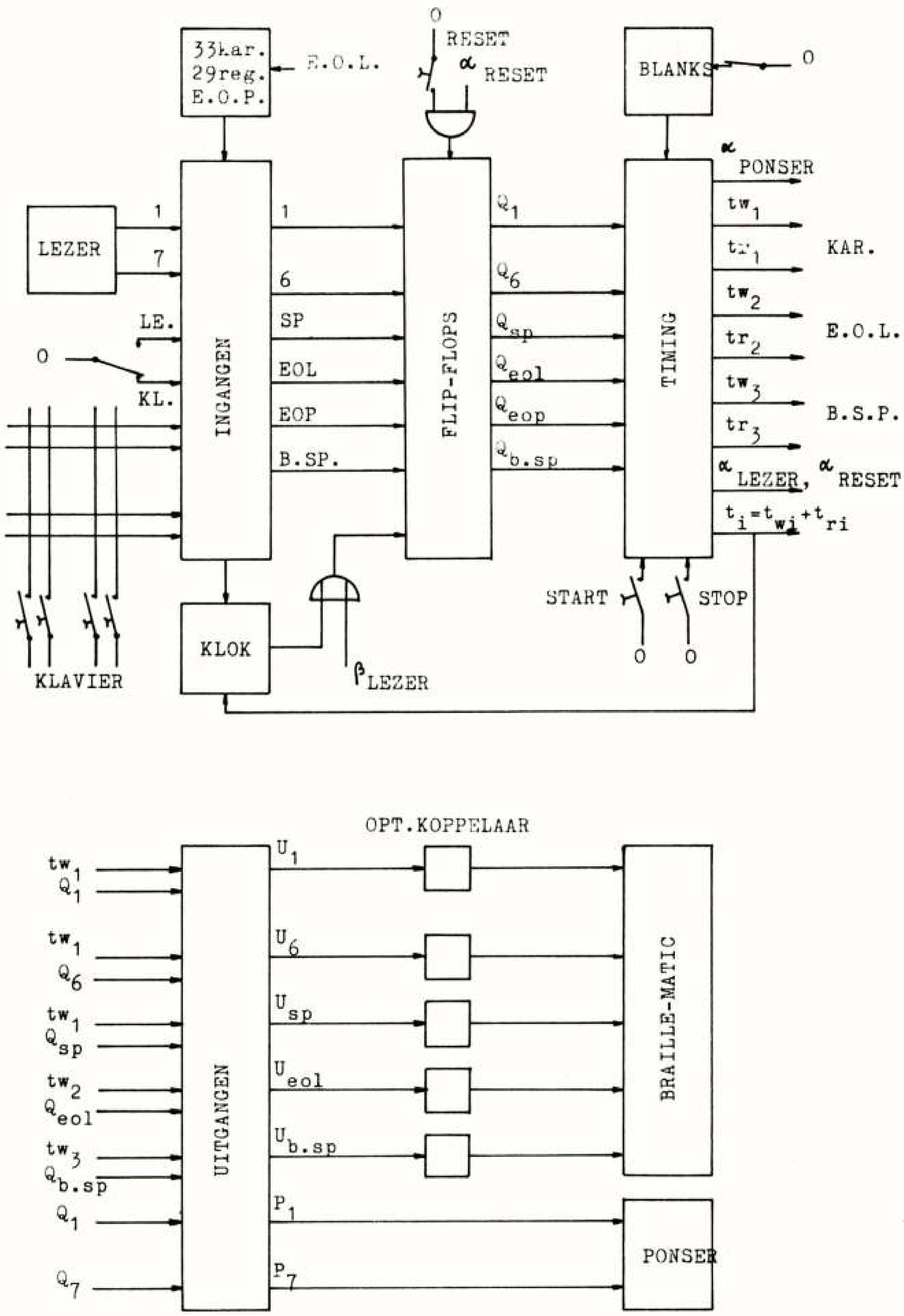


fig. 6

de volgende funktionele blokken geen verschil maakt of de lezer dan wel het klavier is ingeschakeld.
In fig. 7 is het tijddiagram weergegeven van de belangrijkste signalen uit de besturingseenheid. Daaruit is te zien, dat er een signaal kan worden afgeleid van het indrukken van een toets, c.q. het lezen van een karakter uit de ponsband, met behulp van welk signaal de informatie in een tiental geheugen-elementen wordt gezet, waardoor de ingangen van lezer c.q. klavier worden ontkoppeld van de achterliggende schakeling. Hierna treedt er een differentiatie op, afhankelijk van het ingelezen karakter :

- de af te drukken Braille-tekens veroorzaken een signaal, dat gedurende een bepaalde tijd "laag" is, gedurende welke tijd de elektromagneten worden bekrachtigd (tw1) en een signaal dat een tijd aangeeft gedurende welke de magneten niet bekrachtigd worden (tr1); deze tijden zijn resp. 50 en 100 msec.
- het teken EOL veroorzaakt een signaal dat gedurende 100 msec "hoog" is (tw2) en waarmee de afdrukkop naar de beginstand wordt gebracht; de bijbehorende rusttijd wordt aangegeven door tr2 (2½ sec).
- het teken "back-space" veroorzaakt de signalen tw3 (200 msec) en tr3 (400 msec).

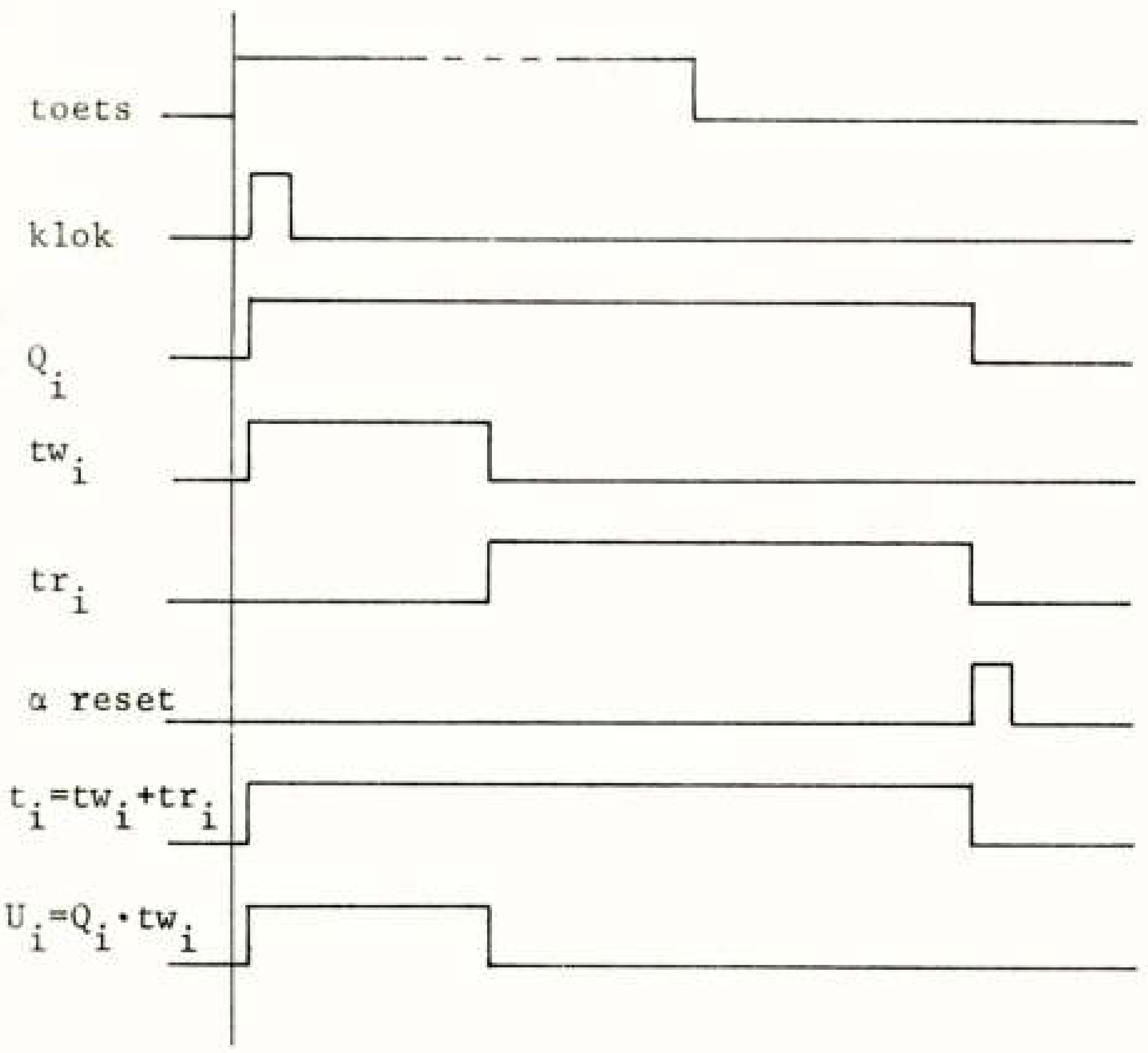


fig. 7

Aan de uitgangen worden deze signalen gemengd met de informatie uit de geheugen-elementen, en via optische koppelaars naar de Braillomatic gezonden. De optische koppelaars bleken noodzakelijk omdat de Braillomatic tamelijk veel storingen veroorzaakt in de besturingseenheid. Voor de ponser gaat de informatie uit de geheugenelementen rechtstreeks naar de ingangen van de ponser voor zover het afdrukbare karakters betreft, en voor de besturingssignalen worden vaste combinaties van bits, waarvan het 8e bit altijd een "1" is, aan de ingangen van de ponser aangeboden. De tijdelijke blokkering van het toetsenbord wordt bewerkstelligd door het signaal t_i, dat een samenvoeging is van tw_i en tr_i. Na die tijd worden de geheugen-elementen gereset en kan een nieuw karakter worden verwerkt.

De hier aangegeven schakeling is gerealiseerd met TTL-bouwstenen. Verder onderzocht moet nog worden in hoeverre ook hiervoor een microprocessor uitkomst kan bieden.

Communicatie-apparatuur

In fig. 8 is een terminal geschetst zoals deze ten behoeve van een visueel gehandicapte kan worden gebruikt.

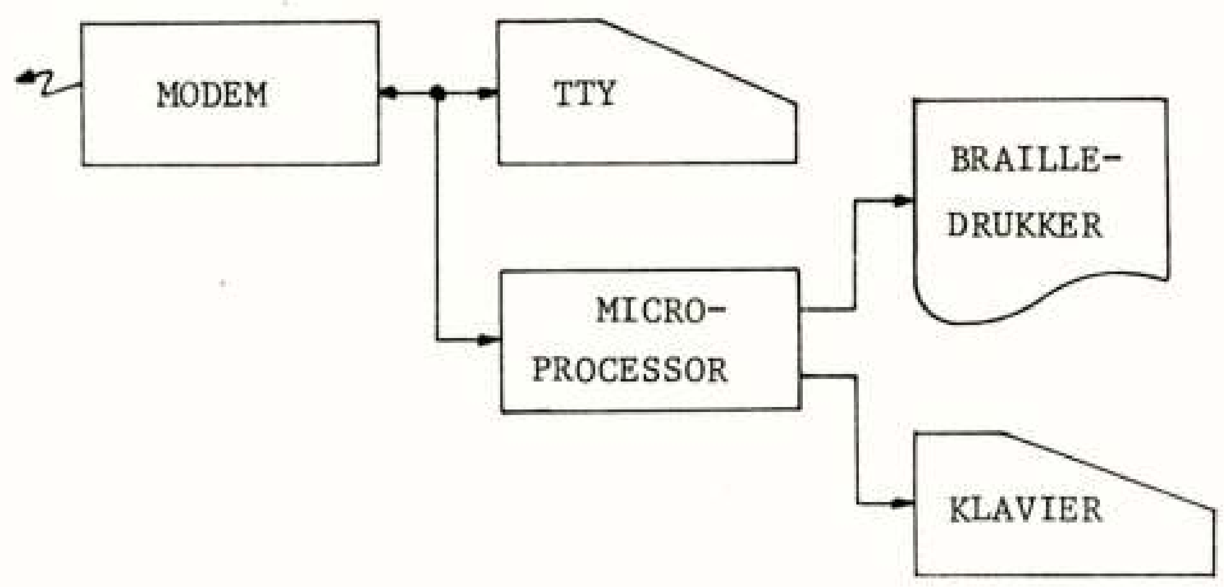


fig. 8

De verreschrijver is bedoeld voor informatie-uitwisseling met een niet-gehandicapte. De funkties van de microprocessor zijn:

- het opvangen van het snelheidsverschil tussen een verreschrijver en een Braille-drukker; een verreschrijver (Teletype ASR 33) is ongeveer tweemaal zo snel als een Braillomatic.
- het opvangen van het verschil in regelbreedte; op een verreschrijver kunnen maximaal 80 tekens per regel worden afgedrukt, terwijl de Braille-drukkers nog niet de helft van dit aantal per regel kunnen afdrukken.
- het omzetten van de gebruikte codes; de verreschrijver hanteert de ASCII-code, terwijl de Braille-drukkers meestal zijn gebaseerd op de M.I.T.-Braille-code; verder dient te worden gesteld, dat niet ieder teken uit de ASCII tekenset door één Braille-teken wordt voorgesteld, en omgekeerd.

Met de gebruiker dienen afspraken te worden gemaakt over het weergeven in Braille-tekens van sommige bijzondere symbolen.

Deze faciliteit en de eerder genoemde concentrator (par. "Het toegankelijk maken etc.") zijn nog niet gerealiseerd, maar in de komende maanden zal tot de samenstelling van deze eenheden worden overgegaan.

SLOT

De hier beschreven bibliotheek-toepassing is gedurende een proefperiode in de bibliotheek Le Sage ten Broeck te Nijmegen in gebruik geweest. Gaarne willen wij allen die aan het welslagen van deze proef hebben meegewerkt hartelijk danken voor hun waardevolle suggesties, die zeer zeker zullen leiden tot enige modificaties van de beschreven proefopstelling. In het bijzonder geldt deze dank ir. J.F.W. van der Meulen, wiens enthousiasme voor ons een stimulans is geweest. Onze dank gaat ook uit naar de heer C.J. van Pelt voor zijn medewerking aan de realisatie van de apparatuur.

LITERATUUR

1 Grootenhuis, drs.J (NBB). Automated Braille Production From Compositor's Tapes.

2 Users Manual (Intel). MCS-8 Micro Computer Set, 8008 8 bit Parallel CPU.

Voordracht gehouden op 9 april 1976 in het Dr. Neher Laboratorium te Leidschendam tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (nr. 255), de Sectie voor Telecommunicatietechniek van het KIvI en de Benelux-Section-IEEE.

OVERZICHT VAN HULPMIDDELEN
OM GEHANDICAPTEN HET TELEFONEREN
MOGELIJK TE MAKEN OF TE VERGEMAKKELIJKEN

E.H. Blanken
PTT Centrale Afdeling Telefonie Leidschendam

Lichamelijk gehandicapten kunnen, indien zij gebruik willen maken van de telefoon, een aantal problemen ontmoeten. Immers om een goed gebruik van de telefoon te kunnen maken is het noodzakelijk dat:

a. het oproepsignaal wordt opgemerkt. (horen)
b. het telefoontoestel bediend kan worden. (nummer kiezen en hanteren van de microtelefoon, zien, arm- en handfunctie)
c. het telefoongesprek gevoerd kan worden. (spreken en horen)

Om een indruk te geven van de mate waarin functiestoornissen voorkomen volgen hieronder enige gegevens van het CBS over de jaren 1971/1972 betreffende personen ouder dan 5 jaar, die dermate gehandicapt zijn dat zij moeilijk of geen gebruik kunnen maken van de telefoon.

In deze jaren waren in Nederland 1.032.900 gehandicapte personen, oftewel 8,7% van de bevolking, ouder dan 5 jaar.

Personen met een stoornis in de arm- handfunctie 41.400 (b) (zwaar en zeer zwaar gehandicapt);
Personen met een stoornis in het horen 156.100 (a en c) (zwaar en matig gehandicapt);
Personen met een stoornis in het spreken 39.000 (c) (zwaar en matig gehandicapt);
Personen met een stoornis in het zien 34.300 (b) (zwaar en zeer zwaar gehandicapt).

Voor een groot aantal van deze 270.800 gehandicapten is de PTT in staat om, soms in samenwerking met anderen, een oplossing te bieden opdat ook deze personen aan het telefoonverkeer kunnen deelnemen.

ad.a. Wordt het oproepsignaal niet of moeilijk opgemerkt, dan kan men dit mogelijk verbeteren door:
1. het aanbrengen van extra bellen of zoemers;
2. naast het belsignaal ook een lichtsignaal te geven.

ad.b. Is men niet of onvoldoende in staat om op de gebruikelijke wijze met de hand een telefoonnummer te kiezen, dan kan men gebruik maken van:
3. snoerschakelaar voor het in- en uitschakelen van de netlijn;
4. kastje met druktoetsen en impulszender;
5. kiezen d.m.v. blazen;
6. kiezen door aanraken.

Levert het draaien van de kiesschijf problemen op door hevig trillen of beven van de hand, dan kan men proberen:
7. te kiezen m.b.v een stift welke door beide handen kan worden vastgehouden;
8. het telefoontoestel zodanig op te stellen dat de kiesschijf in het horizontale vlak komt te liggen en men de schijf niet naar "boven" behoeft te duwen;
9. gebruik te maken van een automatisch kiesapparaat.

Indien het hanteren van de microtelefoon niet of nauwelijks mogelijk is dan kan men gebruik maken van:
10. een luidsprekendtelefoontoestel;
11. een standaard voor de microtelefoon.

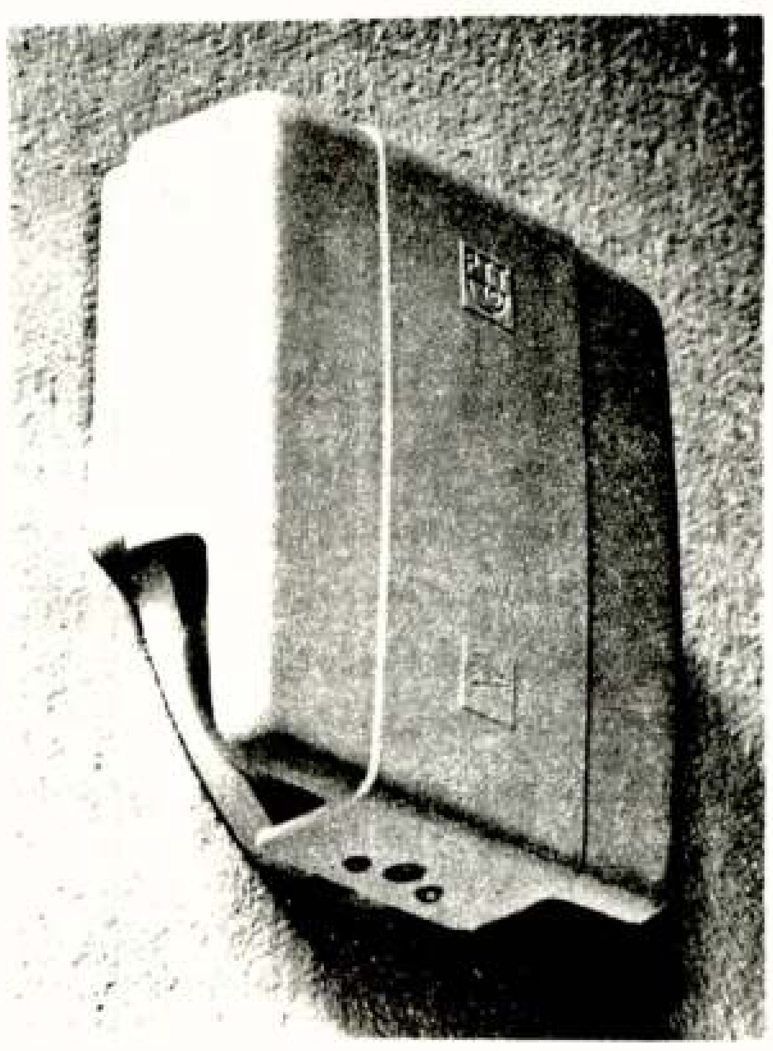
ad.c. Problemen tijdens het voeren van een telefoongesprek kunnen twee oorzaken hebben: men kan niet luid en duidelijk genoeg spreken of men kan het gesprokene niet duidelijk genoeg verstaan.
Aan het niet luid en duidelijk kunnen spreken kan tegemoet gekomen worden door:
12. een microtelefoon met zendversterker.

Kan men het gesprokene niet voldoende verstaan, dan kan dit worden verbeterd door toepassing van:
13. een microtelefoon met ontvangstversterker;
14. het gebruik van een hoorapparaat bij het telefoneren.

De voorzieningen hiervoor genoemd onder de punten 1 t/m 14, zullen hierna wat uitvoeriger worden beschreven. Aan het slot van dit artikel nog wat informatie over mogelijkheden voor blinden.

1. Het toepassen van extra bellen of zoemers

Door het aanbrengen van regelbare extra bellen kan het



oproepsignaal versterkt worden, of daar worden gebracht waar men dit het beste kan waarnemen. (b.v. in een trappenhuis of in een gang).
Een zoemer produceert meer lage tonen en is daardoor voor veel slechthorenden beter te horen dan een bel.

2. Het belsignaal aanvullen met een lichtsignaal.

Om het belsignaal van de telefoon aan te vullen met een lichtsignaal moet door de PTT een relais met sterkstroom contacten worden geplaatst. Door dit relais kan dan een normale gloeilamp (max. 100W) of speciale flitslamp worden ingeschakeld. De flitslamp geeft per seconde één flits en blijft - na te zijn ingeschakeld - nog enkele seconden in werking.

3. In- en uitschakelen van de netlijn op afstand

Indien door een stoornis in de arm- en/of handfunctie men niet in staat is om de netlijn in en uit te schakelen d.m.v. de microtelefoon (bij een enkelvoudig telefoontoestel) of d.m.v. de schakelknop (bij een luidsprekend telefoontoestel) dan kan in deze gevallen een snoer met een kleine, zeer licht bedienbare snoerschakelaar (met wisselcontacten) worden aangebracht.
Hierdoor is men in staat om op afstand en op zeer gemakkelijke wijze de netlijn te bedienen.

4. Kastje met druktoetsen en impulszender

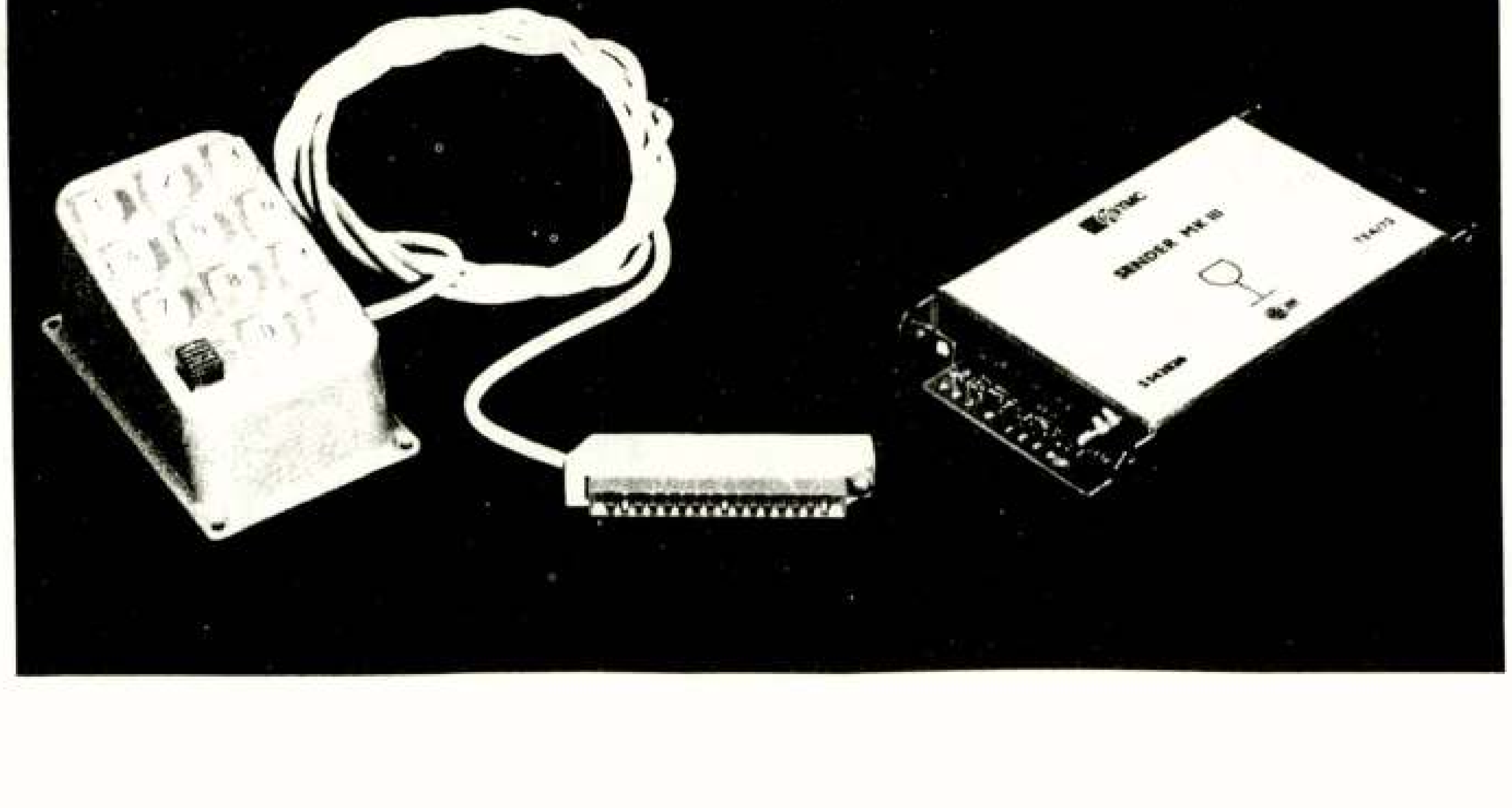
Dit kastje met druktoetsen en impulszender is ontwikkeld om zonder gebruik te maken van de kiesschijf toch te kunnen kiezen.
De druktoetseenheid bestaat uit een kunststof kastje waarin, op een naar voren hellend vlak, geplaatst zijn: 10 cijfertoetsen (1 t/m 0), 1 hersteltoets (-) en 1 lamp. De druktoetseenheid is voorzien van een snoertje met een lengte van ca. 2 meter met steker welke de verbinding met de impulszender tot stand brengt.
De impulszender heeft een metalen behuizing. In de zender bevindt zich een kwikrelais. Hierdoor is er maar één correcte montagestand welke op de zender door een symbool is aangegeven. Indien de zender storend in het zicht komt, is montage in een ivoorkleurige kunststofkast mogelijk.
De voeding vindt plaats d.m.v. een aparte gelijkrichter.
Indien b.v. de onderlinge afstand tussen de druktoetsen te gering blijkt te zijn en hulpmiddelen zoals een stokje niet het gewenste resultaat geven, dan kan geadviseerd worden om een druktoetseenheid in aangepaste vorm te laten maken.
Deze kiesinrichting kan met elk type telefoontoestel samenwerken.

5. Kiezen d.m.v. blazen

Bij het kiezen d.m.v. blazen wordt eveneens gebruik gemaakt van de in punt 4 genoemde impulszender. In plaats van de druktoetseenheid kan echter een z.g. autofoon worden gebruikt.
De autofoon informeert de impulszender met behulp van 10 contacten - welke de cijfers 1 t/m 0 vertegenwoordigen - op dezelfde wijze als dat het geval is met de druktoetseenheid. De autofoon kan op verschillende wijze worden bestuurd, waarvan de meest gebruikte wel de z.g. blaasmethode is.
Een membraamrelais wordt bekrachtigd door luchtdruk op het membraamrelais uit te oefenen. Dit geschiedt met behulp van een slangetje met mondstuk waarop slechts zeer licht behoeft te worden geblazen om het relais te kunnen bekrachtigen.

6. Kiezen d.m.v. aanraken

Ook bij deze methode werkt men met de autofoon, in combinatie met de onder punt 4 genoemde impulszender. De blaas-unit is nu vervangen door een "vingertiptableau". Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een schijf isolatiemateriaal waarin zich een aantal geleidebanen op enige afstand van elkaar bevinden.
Door een hand of arm op deze aldus gevormde contact-



plaatsen te leggen verandert de weerstand tussen de geleidebanen van oneindig tot die van de huidweerstand. Een schakelversterker heeft aan deze weerstandsafname voldoende om een relais te kunnen bekrachtigen waarmee dan weer de autofoon wordt bestuurd.



7. Kiezen m.b.v. een stift

Indien het niet mogelijk is om met één hand nummers te kiezen dan kan men gebruik maken van een stokje of stift.
Men kan nu met beide handen de stok of stift meer gericht in een gat van de kiesschijf plaatsen.
Ook is het mogelijk om een stokje door een tandtechnicus te laten voorzien van een mondstuk, zodat men het met de tanden kan vasthouden.
Nu kan men dus kiezen zonder dat de handen hiervoor nodig zijn.

8. Toestel zodanig opstellen dat de kiesschijf in het horizontale vlak komt

Het is gebleken dat een groot aantal gehandicapte personen moeilijkheden ondervinden bij het "naar boven duwen" van de kiesschijf.
Door de voorzijde van het telefoontoestel op b.v. een blokje te plaatsen kan worden bereikt dat de kiesschijf horizontaal komt te liggen.
Men kan dan horizontaal draaien.

9. Automatische kiesapparaten

Door middel van een door de PTT toegelaten particulier kiesapparaat is het mogelijk om op zeer eenvoudige wijze telefoonnummers te kiezen. De kiesinformatie kan worden vastgelegd in het apparaat zelf of op losse kaartjes
Er zijn twee uitvoeringsvormen:

a. het apparaat kiest na te zijn ingeschakeld alleen het netnummer, voor het kiezen van de resterende cijfers moet - na het ontvangen van de tweede kiestoon - opnieuw worden gestart.
b. het apparaat kiest na te zijn ingeschakeld automatisch het gehele nummer. Omdat deze apparaten ook zijn voorzien van een luidspreker kan de microtelefoon tijdens het kiezen op het toestel blijven.

De kiesapparaten worden aangesloten op een door de PTT beschikbaar gestelde wandcontactdoos. Deze bevindt zich bij enkelvoudige toestellen aan de wand, bij meervoudige toestellen d.m.v. een beugel aan de achterzijde van het toestel.

10. Luidsprekend telefoontoestel

Dit is een telefoontoestel zonder microtelefoon: in het telefoontoestel bevindt zich een luidspreker voor het weergeven van de stem van de gesprekspartner en een microfoon voor het overbrengen van de eigen stem.
Bovendien is het mogelijk het ontvangen geluid te ver-



sterken.
Het luidsprekende telefoontoestel wordt aangesloten op het normale telefoontoestel.
Gebruik van dit toestel moet worden ontraden:

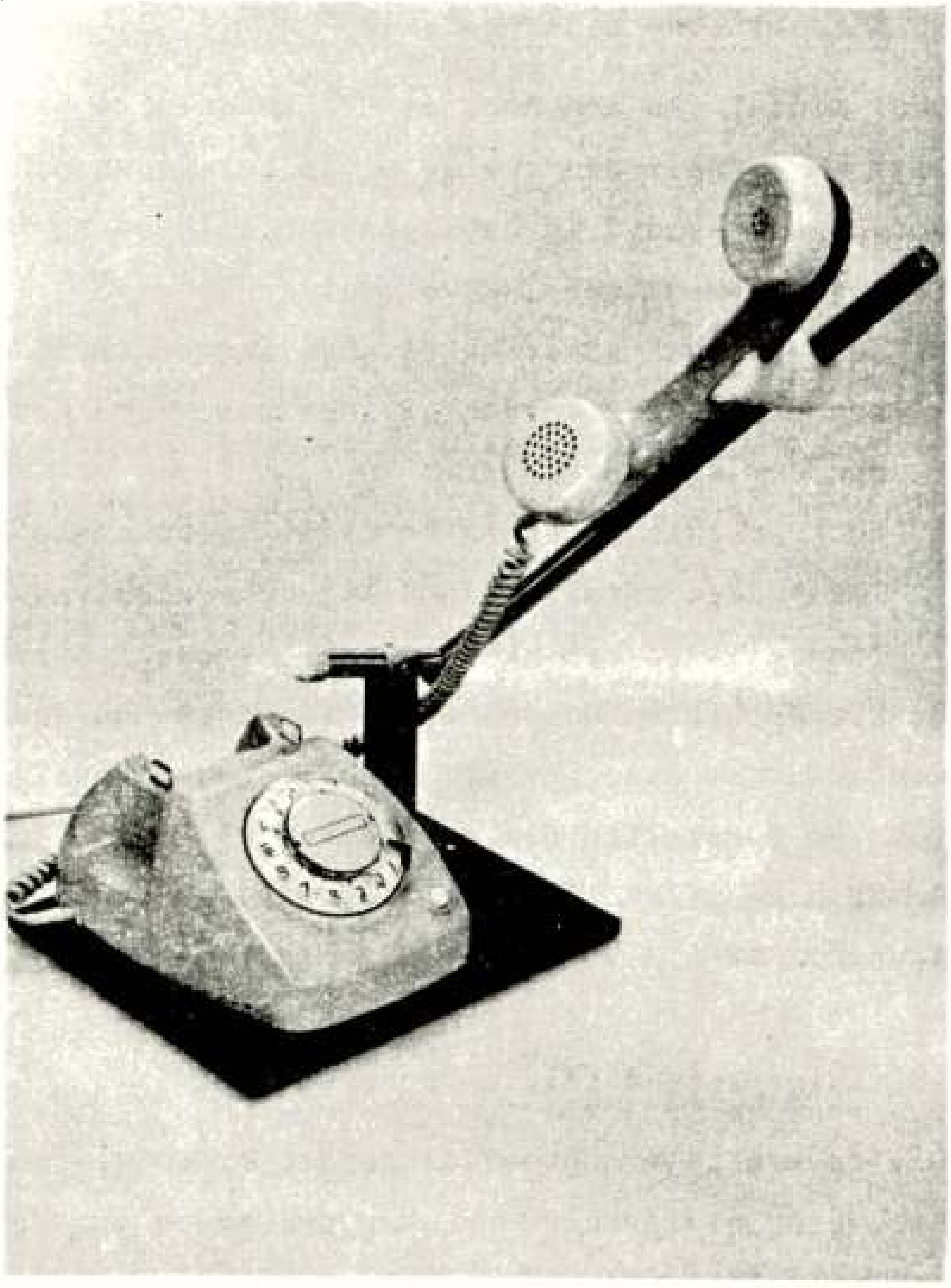
a. in een rumoerige omgeving en in vertrekken met weinig stoffering;
b. in een ruimte die gelijktijdig door meer personen wordt gebruikt.

11. Standaard voor microtelefoon

Deze standaards zijn verkrijgbaar in twee uitvoeringen:

a. een eenvoudige uitvoering met een apart "gewicht" voor de telefoonhaak. Dit model kan dienen indien de gebruiker nog in staat is het "gewicht" van de telefoonhaak te tillen (en na gebruik er weer op te leggen).
b. een uitvoering met tuimelaar, waarbij door het gewicht van de telefoonhoorn de haak ingedrukt wordt. Door het oor tegen de microtelefoon te drukken kantelt de arm en komt het haakcontact vrij.
   Deze uitvoering is dus aan te bevelen indien de gebruiker het gewicht (zie a) niet kan hanteren.

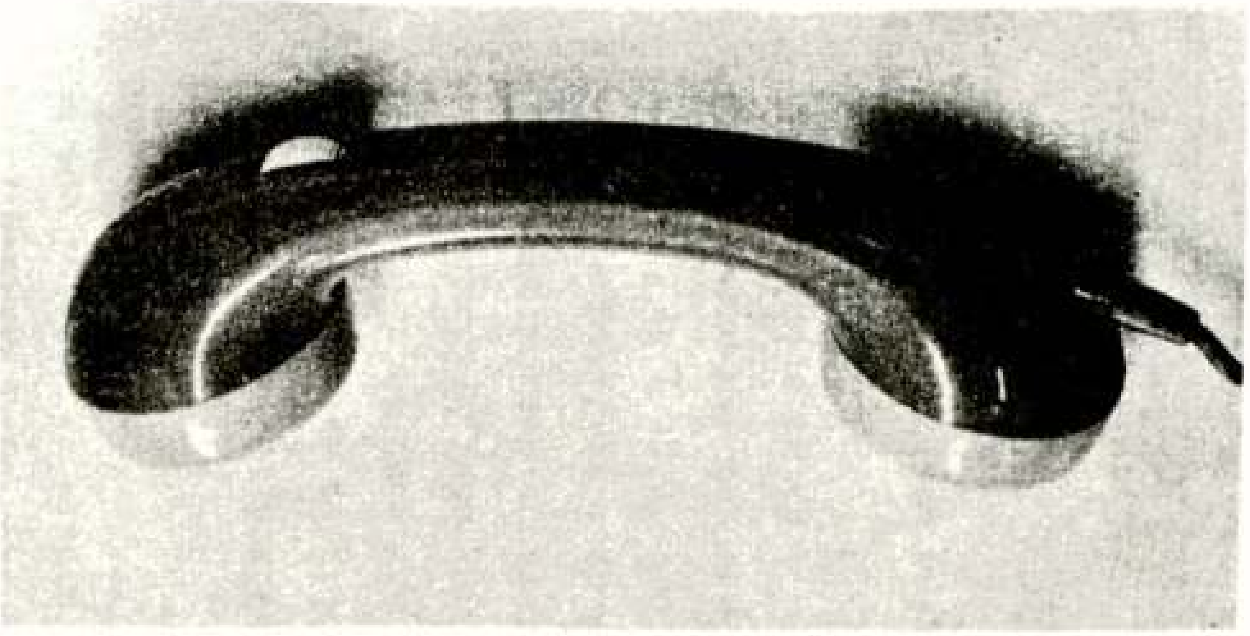
Bedacht dient te worden dat uniforme standaards dikwijls



niet voldoen, en dat speciale voorzieningen dienen te worden getroffen.

12. Microtelefoon met zendversterker

Voor personen met een te zwakke stem is een microtelefoon met een magnetische microfoon en een ingebouwde versterker ontwikkeld. Hierdoor wordt een geluidversterking van ca. 14 dB verkregen. De versterking kan



d.m.v. een schakelknopje worden uitgeschakeld. Het is mogelijk om de microtelefoon gedurende 3 weken kosteloos te proberen. Toepassing van deze microtelefoon is alleen mogelijk op de thans gebruikelijke grijze telefoontoestellen. (Wanneer het aanwezige enkelvoudige toestel van een ander type is, dan wordt dit kosteloos vervangen).

13. Microtelefoon met ontvangstversterker

Voor slechthorenden is er een microtelefoon (kleuren grijs, grijsgroen of zwart) met ontvangstversterker en geluidsregelaar. De geluidsversterking is lineair en regelbaar van -10 dB tot +25 dB. Het regelen van het geluid vindt plaats d.m.v. een wieltje. Toepassing is op elk modern telefoontoestel mogelijk. Indien het aanwezige enkelvoudige toestel van een ouder type is, wordt dit kosteloos vervangen door een grijs telefoontoestel.

14. Het gebruik van een hoorapparaat bij het telefoneren

Indien een slechthorende in het bezit is van een hoortoestel dat op de borst gedragen wordt (kasttoestel), dan zal het telefoneren veelal beter verlopen als de microtelefoon van het telefoontoestel wordt gebruikt als hierna omschreven.
Het zendgedeelte (microfoon) wordt gewoon voor de mond gehouden. Het ontvangstgedeelte wordt nu echter tegen het hoortoestel aangehouden i.p.v. tegen het oor. Bij aanwezigheid van een "extra luisterapparaat" kan men hetzelfde bereiken, immers nu kan dit tegen het hoortoestel worden aangehouden. De microtelefoon wordt in deze situatie op normale wijze gehanteerd.
Vele hoortoestellen zijn uitgerust met een luisterspoel als tweede ingang.
Deze luisterspoel vangt wisselingen op van het magnetisch veld van een ringleiding zoals deze in sommige schouwburg en bioscoopzalen is aangebracht. Een dergelijke ringleiding, aangebracht onder bv. het blad van een schrijfbureau, kan worden aangesloten op het telefoontoestel van de slechthorende via een PTT-koppellid en een particuliere versterker.
Het door het koppellid afgegeven maximale niveau varieert van ca. 15mV tot 200mV (dit kan per telefoongesprek ver-

schillen).
De Ri (inwendige weerstand) van het koppellid is 100k ohm.

Bij slechtziende of blinde mensen levert het kiezen soms problemen op.
Om bij het bepalen van het juiste gat in de kiesschijf behulpzaam te zijn, kunnen er in de rand van de vingerschijf twee inkepingen worden gemaakt. Tussen de posities 3 en 4 en tussen de 7 en de 8.



In het begin kan dit erg makkelijk zijn om te oefenen. Tijdens het werkelijke kiezen zal men normaliter geen gebruik maken van deze hulppunten want dan duurt het kiezen lang waardoor de verbinding kan wegvallen.

Functiestoornissen komen in grote verscheidenheid voor en zijn vaak meervoudig (bijna 40% van de gehandicapten heeft meer dan één functiestoornis).
Hoewel velen met de hiervoor omschreven oplossingen, al dan niet gecombineerd gebruikt, geholpen kunnen worden zal in een aantal gevallen naar individuele aanpassingen moeten worden gezocht.

BLINDE HUISTELEFONISTEN

Voor de blinde die het beroep huistelefonist kiest, bestaat in principe de mogelijkheid een opleiding te volgen aan één der volgende instituten:

Christelijk Blindeninstituut "Bartimeus"
Utrechtseweg 84
Zeist - Telefoon 03404 - 2 15 44

Revalidatiecentrum voor Blinden "'t Loo-erf"
Waldeck Pyrmondstraat 31
Apeldoorn - Telefoon 05760 - 1 81 19

Bij het Blindeninstituut Bartimeus bestaat deze mogelijkheid alleen voor personen beneden de 20 jaar.
De opleiding bij 't Loo-erf staat geheel in het teken van de revalidatie.
Een blinde of slechtziende die in aanmerking wil komen voor het volgen van deze opleiding dient zich in verbinding te stellen met de Stichting Algemene en Individuele Blindenbelangen te Amsterdam. Door de afdeling Maatschappelijk Werk van deze stichting wordt dan bekeken of de betrokkene qua vooropleiding en kwaliteit geschikt is om deze opleiding te volgen en in hoeverre revalidatie nodig is.

ENIGE ORGANISATIES DIE WERKZAAM ZIJN OP HET TERREIN VAN VOORZIENINGEN VOOR GEHANDICAPTEN

NVVS Nederlandse Vereniging voor Slechthorenden (informatiecentrum)
Weersweg 1
Epse (gemeente Gorssel)- Telefoon 05759-22 35

AVG Stichting Aanpassingen voor Gehandicapten
"Carolinehof"
Voorburgseweg 36
Leidschendam - Telefoon 070-27 08 00

Stichting voor Algemene en Individuele Blindenbelangen
Vondelstraat 128
Amsterdam - Telefoon 020-18 70 66

Stichting exploitatie van Het Dorp
Jachthoornlaan 1a
Arnhem - Telefoon 085- 45 28 20

Voorlichtings Centrum voor Gehandicapten
Larenseweg 174
Hilversum - Telefoon 02150- 5 34 98

Voordracht gehouden op 9 april 1976 in het Dr. Neher Laboratorium te Leidschendam tijdens een gemeenschappelijke vergadering van het NERG (nr. 255), de Sectie voor Telecommunicatietechniek van het KIvI en de Benelux-Section-IEEE.

LEDENMUTATIES

Voorgestelde leden

Ir. E. de Groot, Baljuwstraat 1, Ter Aar.

Dr. P. Kramer, Rembrandtlaan 1, Waalre N.B.

Nieuwe leden

Ir. P.B. Hesdahl, Paduaweg 75, Den Dolder.

Ir. J.P. Kingma, Den Burghstraat 19, Voorburg Z.H.

Ir. J. Mendrik, Bosboom Toussaintplein 123, Delft.

Nieuwe adressen van leden

Ir. J.H. van den Boorn, Poolsterlaan 26, Eindhoven.

Ir. J.A. Bijvoet, 7502 Chadwell Road, S.W., Huntsville, Alabama 35802, U.S.A.

Ir. H.B. Groen, Van Oldebarneveltplantsoen 39, Voorschoten.

P.W.L. van Iterson, Eilandseweg 27, Nederhorst den Berg.

Dr. R.W. Meijer, Nieuwewater 43, Zoetermeer.

Ir. F. Muller, Teijlingerhorstlaan 37, Wassenaar.

Ir. R.G. van Vliet, Willem de Zwijgerstraat 52, Eindhoven.

Tijdschrift van het Nederlands Elektronica- en Radiogenootschap

Inhoud

deel 41 - nr. 4 - 1976

druk: HET ZUIDEN Eindhoven